

Ana Isabel Pereira Peixoto

2º Ciclo de Estudos em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território

Inundações urbanas, cheias rápidas e galgamentos costeiros na cidade de  
Santa Cruz, Ilha da Madeira: áreas afetadas, frequência e avaliação da  
vulnerabilidade funcional

2013

Orientador: Professor Doutor António Alberto Gomes

Classificação: Ciclo de estudos:

Dissertação/relatório/Projeto/IPP:

Versão definitiva

## **Agradecimentos**

Em todas as etapas da nossa vida existem pessoas que nos apoiam e incentivam a percorrermos o melhor caminho, surgindo a necessidade dê-lhes agradecer.

Assim, em primeiro lugar agradeço ao Professor Doutor António Alberto Gomes pela orientação e apoio prestado ao longo de doze meses que permitiu o aperfeiçoamento da minha aprendizagem.

À Vereadora Alexandra Gaspar da Câmara Municipal de Santa Cruz pela disponibilidade concedida para reuniões e cedência de informação essencial à elaboração da presente dissertação, bem como, pela oportunidade que me concedeu de realizar um estágio curricular na câmara municipal.

À Inês Marafuz um obrigada pelo auxílio nas minhas dúvidas e medos.

Aos residentes da cidade de Santa Cruz que permitiram uma melhor compreensão das ocorrências, através de relatos, da cedência de fotografias e de vídeos. Não posso de deixar de agradecer singularmente aos fotógrafos João Monteiro e Manuel Fernandes. O primeiro pela cedência das fotos do seu progenitor José Sousa Monteiro, relativas ao evento de 1956, base da análise do evento, bem como, pelos relatos de eventos hídricos e da descrição da cidade de Santa Cruz de outrora. E ao segundo pelas fotografias do evento de 20 de fevereiro 2010 e pelo relato do mesmo evento.

Aos amigos por porpropcionarem momentos de distração e apoio durante algumas temporadas críticas. Neste conjunto destaco a minha amiga Sandra Gonçalves, companheira de faculdade, ouvinte e irmã de coração, um grande obrigada.

Por fim e o mais importante de todos, agradeço do fundo do meu coração aos meus pais e irmão que foram os meus pilares de apoio em toda esta caminhada, não só pelo esforço financeiro dispendido mas também pelo enorme carinho e amor dado, bem como, por serem dotados de uma enorme paciência. Obrigada.

## Resumo

A cidade de Santa Cruz é palco na sua história de recorrentes episódios de cheias rápidas (aluviões), inundações urbanas e galgamentos costeiros, despoletando o interesse para a delimitação das áreas suscetíveis a cada processo, inventariação e definição da sua frequência, bem como, das perturbações advindas da sua manifestação.

Para responder às questões iniciais elaborou-se uma cronologia de eventos hídricos, tendo por base as datas fixadas para o município. A informação associada a cada data, como elementos afetados, comportamento do escoamento superficial, precipitação e medida da coluna de água da inundação, adveio da informação veiculada pelos meios de comunicação social de cada época e da inquirição à população.

O primeiro dado prende-se com a delimitação do perímetro de cada evento refletindo-se no cálculo de frequência dos eventos hídricos na cidade de Santa Cruz. Um outro dado é a coluna de água que se mediu para cheia rápida de 3-11-1956 e para a inundação urbana de 20-02-2010, atendendo às posições das soleiras das portas em relação à via de comunicação. A correlação destes dois dados realizou-se segundo uma matriz. Já o comportamento do escoamento superficial por vias, ou seja, vias canalizadoras ou recetoras/canalizadoras é elaborado para alguns eventos.

Numa fase final associa-se a altura da coluna de água do evento de 20-02-2010 com a frequência dos eventos hídricos na cidade, resultando uma matriz que identifica a disfunção funcional das atividades económicas e serviços públicos na cidade durante e após essa ocorrência.

As ilações que resultam da análise são várias, destacando-se que os eventos mais frequentes (século XX e XXI) são as inundações urbanas devido à incapacidade de escoamento da rede pluvial, à impermeabilização da área e ao escoamento superficial rápido proveniente das áreas de maior altitude que drenam para o centro urbano.

Dos eventos resulta uma disfunção das atividades normais da cidade, face às consequências da inundação, tais como, estagnação da economia local, alteração de rotinas diárias e aumento da quilometragem dos percursos pedestres e rodoviários. Face à intensa recorrência de inundações os habitantes adotam várias estratégias para minimizar os danos e incómodos provindos destes, contribuindo para o aumento da resiliência do território.

Conclui-se o trabalho com as precauções a ter num cenário de expansão urbana, bem como, indicando-se possíveis soluções para minorar os efeitos das inundações urbanas, contribuindo para o planeamento e ordenamento da cidade de Santa Cruz.

**Palavras-chave:** cheia rápida, galgamentos costeiros, inundações urbanas, vulnerabilidade funcional

## **Abstract**

Historically, the city of Santa Cruz is a scene of flash flood processes (alluviums), urban floods and coastal inundation, sparking the interest for the delimitation of susceptible areas in each process, inventory and definition of their frequency, as well as the disturbances resulting from their manifestation.

To answer the initial questions it was drawn up a chronology of water events. The information associated with each date, like affected elements, surface runoff behaviour, precipitation and water column measurement, resulted from mass media of each time and from inquiry to the population.

The first data is related with the delimitation of the perimeter of each event, reflecting on the calculation of the frequency of water events in the city of Santa Cruz. Another data is the water column which was measured for flash flood of the 3-11-1956 and for the 20-02-2010 urban flood, considering the positions of the door sills in relation to the road. The correlation of these two data was carried out according to a matrix. The behaviour of the surface runoff by roads, i.e., roads with the role of water collectors, is drawn up for some events.

In a final phase, it is associated the height of the water of the event of 20-02-2010 with the frequency of the water events in the city, resulting in a matrix which identifies the functional dysfunction of economic activities and public services in the city.

The conclusions of the analysis are that the most frequent events (20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries) are urban floods due to the incapacity of the rainwater drainage network, area waterproofing and runoff from the areas of higher altitude that drain to the urban center.

As a result from the events there is a dysfunction of the normal activities subsequent of the flood, such as the local economy stagnation, change in daily routines and the increase of the distance in kilometres covered. Due to the intense recurrence of floods, the inhabitants are adopting strategies to minimize damages and inconveniences originated by them, increasing the resilience of the territory.

It concludes the precautions that should be taken in a scenario of urban expansion as well as it is mentioned possible solutions to urban flooding, contributing to the planning and organization of the city of Santa Cruz.

**Key-words:** flash floods, coastal inundation, urban floods, functional vulnerability



## **Acrónimos**

B.H. – Bacia Hidrográfica

C.M.S.C. – Câmara Municipal de Santa Cruz

CTT – Correios de Portugal

CVS – Complexo Vulcânico Superior

DNM – Diário de Noticias Da Madeira

GTI – Groupe Transversal Inondations

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

R.A.M. – Região Autónoma da Madeira

## Índice

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>i</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>ii</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>iii</b>
<b>Acrónimos .....</b>	<b>iv</b>
<b>Índice .....</b>	<b>v</b>
<b>Capítulo I - Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1.Enquadramento da temática: inundações urbanas, cheias rápidas e galgamentos costeiros nas áreas urbanas.....	2
1.2.Justificação da incidência territorial: Cidade de Santa Cruz, Ilha da Madeira .....	4
1.3.Objetivos.. .....	7
1.4.Organização da dissertação .....	8
1.5.Conceitos estruturantes .....	9
1.5.1.Risco natural e perigo .....	9
1.5.2.Eventos hídricos: cheias e inundações .....	12
<b>Capítulo II – Reflexão espacial e temporal sobre os eventos hídricos na cidade de Santa Cruz: cheias rápidas, inundações urbanas e galgamentos costeiros .....</b>	<b>23</b>
2.1.Metodologia .....	24
2.1.1.Inventário: “Ficha de caracterização das áreas inundáveis” .....	25
2.1.2.Pesquisa e produção cartográfica .....	29
2.2.Enquadramento geográfico da cidade de Santa Cruz e bacias hidrográficas no município.....	33
2.3.Inventário de eventos hídricos na cidade de Santa Cruz: cheias rápidas, inundações urbanas e galgamentos costeiros .....	47
2.3.1.Cheias rápidas .....	49
2.3.2.Galgamentos costeiros .....	54
2.3.3.Inundações urbanas .....	57
2.4.Síntese dos eventos hídricos na cidade de Santa Cruz .....	66
<b>Capítulo III – Análise espacial da vulnerabilidade de cheias e inundações na cidade de Santa Cruz, na perspetiva funcional.....</b>	<b>71</b>
3.1. Considerações gerais .....	72
3.2. Metodologia .....	78
3.3. Caso de estudo: Cidade de Santa Cruz.....	83
3.3.1 Descrição de galgamentos costeiros e inundações urbanas, uma abordagem funcional.....	91
3.4. Síntese da vulnerabilidade dos elementos urbanos à inundação urbana na cidade de Santa Cruz .....	97

<b>Capítulo IV – Síntese: Cenários de ocorrências de inundação na cidade de Santa Cruz .....</b>	<b>100</b>
<b>5.Bibliografia.....</b>	<b>106</b>
5.1.Publicações.....	106
5.2.Legislação.....	112
5.3.Endereços eletrónicos.....	113
<b>Anexos.....</b>	<b>114</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 - Centro funcional da cidade de Santa Cruz delimitado pela Ribeira de Santa Cruz e da Calçada.....	6
Figura 2 – Identificação da área de estudo na cidade de Santa Cruz.....	7
Figura 3 - Correlação dos conceitos associados ao risco (adaptado JULIÃO et al., 2009). .....	11
Figura 4 - Identificação do leito maior e menor, classificação de TUCCI (2005) e do leito de cheia e excecional, classificação de RAMOS (2005), (adaptado de TUCCI, 2005).....	14
Figura 5 - (A) Escoamento de um dado local, (B) Efeito de retenção nas curvas de inundações. (PATT, 2001).....	16
Figura 6- Evolução da susceptibilidade a inundação, considerando um evento meteorológico do mesmo tipo (adaptado da ANCP, 2010).....	20
Figura 7 - Esquema da metodologia adotada na dissertação "Frequência e vulnerabilidade funcional a cheias rápidas e inundações na cidade de Santa Cruz, Ilha da Madeira" .....	24
Figura 8 - Determinação da perigosidade de inundação, (GTI, 2013). .....	28
Figura 9 - Método de mediação da altura da coluna de água de eventos hídricos, na cidade de Santa Cruz. ....	30
Figura 10- Hipsometria do município de Santa Cruz. ....	33
Figura 11 - (A) Cidade de Santa Cruz fronteira com o oceano atlântico; (B) Área a montante da cidade de Santa Cruz, vale da Ribeira de Santa Cruz. ....	34
Figura 12- Carta geológica recente da Ilha da Madeira (SILVEIRA <i>et al.</i> , 2010): A – Cidade de Santa Cruz, B – Santo António da Serra. ....	35
Figura 13 - Caracterização física do município de Santa Cruz: A - Permeabilidade; B - Precipitação .....	36
Figura 14 – Hidrografia do município de Santa Cruz, rede hidrográfica (A) e levadas (B).....	37
Figura 15 - Perfil longitudinal: (A) Ribeira de Santa Cruz, (B) Ribeira da Calçada.....	39
Figura 16 – Exposição de vertentes e declividade no município de Santa Cruz .....	39
Figura 17 – Vertentes da Ribeira de Santa Cruz: (A) - vertente voltada a Norte predomina a floresta como cobertura; (B) - vertente exposta a Sudoeste ocupada por áreas agrícolas.....	40
Figura 18 - Vertente exposta a sudoeste da bacia hidrográfica da Ribeira da Calçada, marcada pela presença de área agrícola abandonada e tecido urbano. ....	40
Figura 19- Modelo hidrológico conceptual para a Ilha da Madeira (PRADA <i>et al.</i> , 2003) .....	41

Figura 20 - Planta militar da Vila de Santa Cruz (1842) do Tenente Coronel António Pedro d' Azevedo, (Instituto Geográfico do Exército).....	42
Figura 21 - Área urbana da cidade de Santa Cruz em 1956 (fotografo José Sousa Monteiro). ....	43
Figura 22 - Evolução da área da Ribeira da Calçada na cidade de Santa Cruz. ....	44
Figura 23- Evolução das margens da Ribeira de Santa Cruz onde é visível a intensa expansão urbana. ....	45
Figura 24- Carta do uso do solo de 1997 (A) e de 2007 (B), SRA. ....	46
Figura 25- Evolução da ocupação do solo nas bacias hidrográficas que intersectam a área de estudo: a) 1999 e b) 2007 .....	47
Figura 26 - Histórico dos eventos hídricos: cheias rápidas, inundações urbanas e galgamentos costeiros na cidade de Santa Cruz, de 1724 a 2013.....	48
Figura 27 - Síntese dos perímetros de cheias rápidas na cidade de Santa Cruz. ....	50
Figura 28 - Efeito de barragem na Ribeira da Calçada no evento de 3-11-1956. ....	51
Figura 29- Esquema do escoamento superficial da cheia rápida de 3-11-1956. ....	52
Figura 30 - Altura da água na inundação de 3-11-1956. ....	53
Figura 31 - Valores da precipitação diários, entre janeiro e março de 2001 nas estações meteorológicas de Santa Catarina e Santo da Serra. ....	53
Figura 32 – Precipitação diária de 1993 dos meses de outubro a dezembro, em Santa Cruz. ....	54
Figura 33- Direção da água provinda do galgamento costeiro, evento de 01-04-1995..	55
Figura 34 - Perímetro de inundação por galgamentos costeiros em 1995 na cidade de Santa Cruz. ....	56
Figura 35 - Perímetro de inundação de galgamentos costeiros em conjug��o como inundações urbanas, na cidade de Santa Cruz em 1993 e 2010. ....	56
Figura 36 - Precipitação diária dos meses de outubro a dezembro de 1995 (a, aa) e de janeiro a março de 1996 (b, bb), nas estações de Santa Catarina (a, b) e Santo da Serra (aa, bb). ....	58
Figura 37 - Escoamento superficial da inundação urbana de 17-12-1997. ....	59
Figura 38 – Proposta da área de influência do escoamento superficial da inundação 20-02-2010 em Santa Cruz. ....	60
Figura 39 – �rea afetada por inundações urbanas na cidade de Santa Cruz de 1989 a 2013. ....	62
Figura 40- Altura da água na inundação de 20-02-2010. ....	63
Figura 41 – Observação de fontes de inundação urbana na cidade de Santa Cruz: A – incapacidade de escoamento do sistema pluvial; B- calhas de escoamento obstruídas. ....	64
Figura 42 - Escoamento superficial da inundação urbana, 20-02-2010, na cidade de Santa Cruz. ....	65
Figura 43- C�culo da frequência de eventos hídricos através do historial (1842-2010) de cheias rápidas, galgamentos costeiros e inundações urbanas 8 na cidade de Santa Cruz .....	67
Figura 44 - Perspetiva da altura das muralhas da Ribeira de Santa Cruz, o lado esquerdo corresponde ao sector oriental e o lado direito ao ocidental.....	68
Figura 45 – Componentes da vulnerabilidade (adaptado de LEONE, 1996). ....	74
Figura 47 - Visualização da análise quantitativa da vulnerabilidade num dado evento (LEONE, 1996). ....	77
Figura 48 - Análise da vulnerabilidade: escala de trabalho, componentes de sectores (LEON, 2006). ....	79
Figura 49- Relação entre os danos estruturais e perturbação funcional de uma rede rodoviária (adaptado LEONE, 1996).....	80

Figura 50 - Componentes da proposta de análise da vulnerabilidade funcional. ....	81
Figura 51 - Identificação e classificação dos elementos expostos na cidade de Santa Cruz. ....	85
Figura 52- Classificação dos eixos rodoviários da cidade de Santa Cruz. ....	86
Figura 53- Inundação urbana na Rua das Rosas a 01-03-2010 (A) em comparação com o evento 20-02-2010 (B). ....	88
Figura 54 – Número de horas para suceder-se as consequências e ações de resiliência após a inundação urbana do dia 20-02-210 e dias seguintes na cidade de Santa Cruz ..	95
Figura 55 - Obra de reparação na Ribeira de Santa Cruz subsidiada pelo Governo Regional.....	96
Figura 56 - Proposta da vulnerabilidade funcional na cidade de Santa Cruz a inundações urbanas.....	98
Figura 57 - Variáveis do método experimental para a vulnerabilidade funcional na cidade de Santa Cruz. ....	99

## Índice de Quadros

Quadro 1 – Granulometria dos diferentes tipos de chuva e características correspondentes (adaptado. de LECANSTRE & FRANCO, 2003) .....	12
Quadro 2 - Componentes e índices para caracterização das bacias hidrográficas.....	17
Quadro 3- Classificação do escoamento superficial segundo as vias de comunicação, de acordo com OLIVEIRA (2002) e MARAFUZ (2011). ....	19
Quadro 4 - Bases cartográficas utilizadas para a delimitação do perímetro de inundação. ....	32
Quadro 5- Análise quantitativa dos factores físicos das bacias hidrográficas da área em estudo.....	38
Quadro 6 - Síntese do comportamento dos eixos viários como vias de escoamento, segundo o tipo de evento, na cidade de Santa Cruz.....	70
Quadro 7–Importância dos padrões de danos à rede rodoviária em Diois (adaptado LEONE, 1996).....	75
Quadro 8 - Atribuição de pesos no estudo de vulnerabilidade do concelho de Tavira. .	78
Quadro 9 - Matriz do produto da frequência de eventos hídricos com a coluna de água de 20-02-2010.....	81
Quadro 10 – Análise da perturbação funcional por natureza de elementos expostos em correlação com a intensidade do evento (adaptado LEONE, 1996).....	82
Quadro 11- Localização dos serviços públicos segundo via de comunicação correlacionando a frequência dos eventos hídricos. ....	87
Quadro 12 - Correlação de frequência coluna de água (20-02-2010) por bairro.....	90
Quadro 13- Resumo das consequências dos eventos de 02-02-2010; 20-02-2010;30-10-2012 e 03-01-2013 na cidade de Santa Cruz. ....	95

## Índice de Gráficos

Gráfico 1- Quantificação da informação recolhida, segundo o ano e tipo de documento. ....	31
Gráfico 2e 3 - Distribuição dos eventos hídricos na cidade de Santa Cruz, segundo a tipologia e mês (1724 a 2013). ....	50
Gráfico 4 - Coluna de água na Rua da Praia, segundo pontos de medida, na cheia de 1956 e na inundação urbana de 2010.....	69

Gráfico 5 - Caracterização por quarteirão de edifícios, população residente e presente do centro funcional de Santa Cruz.....	84
Gráfico 6 – Número de vezes que as vias de comunicação da cidade de Santa Cruz foram inundadas. ....	103

## Índice de Anexos

Anexo 1 - Ficha de caracterização das áreas inundáveis.....	115
Anexo 2 - Exemplo da tabela “Relatos”, 1842.....	117
Anexo 3 - Esquema concetual da base de dados “Eventos hídricos na cidade de Santa Cruz”.....	118
Anexo 4 - Tabela das vias de comunicação afetadas por evento.....	119
Anexo 5 - Análise da Rua da Praia.....	120
Anexo 6 - Caracterização da Rua Conselheiro Luís Freitas Branco .....	122
Anexo 7 - Rua das Rosas, análise.....	123
Anexo 8 - Rua das Rosas, análise.....	124
Anexo 9 - Análise a Rua 17 de Julho de 1876. ....	125
Anexo 10 - Caracterização da Rua Cónego Alfredo Oliveira. ....	126
. Anexo 11 - Levantamento da Praça Padre Gabriel Olavo Francês. ....	127
Anexo 12 - Rua do Cravo, caracterização. ....	128
Anexo 13 - Análise da Rua do Cravo. ....	129
Anexo 14 - Caracterização da Rua Ponte Nova .....	130
Anexo 15 - Análise da Rua do Ribeirinho.....	132
Anexo 16 - Travessa da Figueira, caraterização da via. ....	133
Anexo 17 - Rua Bela de São José, análise.....	134
Anexo 18 - Caraterização da Rua do Tribunal. ....	135
Anexo 19 - Análise da Rua da Rochinha.....	136
Anexo 20 - Análise da Rua Irmã Wilson.....	138
Anexo 21 - Avenida 25 de Junho (ER207), caracterização da via. ....	139
Anexo 22 – Rua da Calçada, caracterização.....	141
Anexo 23 – Análise da Rua de São Sebastião. ....	142
Anexo 24- Análise da Estrada Regional 207, Aeroporto. ....	143
Anexo 25 - Caracterização da Avenida 2 de Agosto de 1996. ....	145
Anexo 26 - Análise da Rua da Ribeira. ....	147
Anexo 27 - Caracterização da Rua do Bom Jesus.....	150
Anexo 28- Análise da Promenade de Santa Cruz.....	151
Anexo 29 - Caracterização da Rua Dr. José Barros e Sousa. ....	152
Anexo 30 - Classificação dos elementos expostos. ....	153
Anexo 31 - População e edifícios no centro funcional de Santa CRUZ, CENSOS 2011 .....	154

---

## Capítulo I - Introdução

---



Fonte: José Monteiro e Sousa

## **1. Introdução**

### **1.1. Enquadramento da temática: inundações urbanas, cheias rápidas e galgamentos costeiros nas áreas urbanas**

Os perigos naturais na atualidade correlacionam-se com a localização da população, definindo-se como um problema social de origem natural e com repercussão territorial (CANTOS & AYALA-CARCEDO, 2002).

A emergência deste tema como campo disciplinar advém da fraca tolerância e resistência do ser humano às consequências dos eventos externos, resultante da pressão demográfica assinalada nas últimas décadas do século XX, que transformou os territórios de baixo risco em áreas vulneráveis aos processos de origem natural (HARTMANN, 2011).

O estudo do *United Nations Human Settlements Programme* de 2001, conclui que o aumento da urbanização gerou uma maior vulnerabilidade territorial. Identifica-se, assim, os meios urbanos como as áreas mais vulneráveis aos perigos naturais. Tal, deve-se às áreas urbanas serem conhecidas pelo seu elevado grau de artificialização, bem como, por concentrarem, pessoas, edifícios e infraestruturas. Ou seja, possuem maior número de elementos expostos (DWYER, ZOPPOU, NIELSEN, DAY & ROBERTS, 2004).

As áreas urbanas, em norma, definem-se em planícies aluviais possuindo como ação primária a desflorestação e consequentemente a impermeabilização dos solos que progridem consoante o progresso económico e político da cidade. Estas alterações refletem-se na dinâmica dos eventos naturais, nomeadamente nos hídricos. Quer isto dizer, que a redução do coberto florestal acentua a erosão das vertentes, que por sua vez diminui a infiltração, aumenta a quantidade de água superficial, bem como, acelera a velocidade do escoamento agravando a torrencialidade do escoamento superficial, logo, o perigo (DWYER *et al*, 2004; DUARTE *et al*, 2007).

A sua localização nas áreas aplanadas dos vales coloca os elementos antrópicos na área de perigo natural, refletindo-se no aumento da vulnerabilidade do território, por conseguinte, no aumento do risco de cheias/inundação (DUARTE *et al.*, 2007; ABREU, TAVARES, & RODRIGUES, 2008; SANTOS, 2009; HARTMANN, 2011).



A inundação possui diversas origens. Pode ser de origem fluvial, sendo designada por cheia e corresponde ao transbordo do leito ordinário de um curso de água. Ou pode classificar-se consoante a sua localização identificando-se por urbana (áreas citadinas), ou costeira, quando se deve à agitação marítima no litoral.

O perigo de inundação urbana resulta, essencialmente, da impermeabilização do solo resultante da ação antrópica ou da incapacidade do escoamento pluvial (COSTA, ROSSI, & COELHO, 2005). Ao ter-se em atenção estes factos, alerta-se que esta incapacidade do solo na absorção da água reflete-se num escoamento superficial que é condicionado pela malha urbana (OLIVEIRA & RAMOS, 2002; COSTA *et al.*, 2005). Isto é, a malha urbana contribui para o aumento ou diminuição da velocidade do escoamento, assim como pela dispersão/concentração do mesmo (COSTA *et al.*, 2005).

Atualmente, a área urbana é uma temática em desenvolvimento sobre a ocorrência de cheias ou inundações, sendo alvo de sucessivos estudos (OLIVEIRA & RAMOS, 2002; COSTA *et al.*, 2005; DUARTE *et al.*, 2007). É exemplo o trabalho de DUARTE *et al.* (2007), onde se conclui que o crescimento de áreas não planeadas na Ribeira de Odivelas, aumentou o perigo dos eventos, contribuindo para o aumento do escoamento superficial e do material transportado.

Para além das questões físicas, como quantidade de água e velocidade, as áreas urbanas criaram novas rotinas na sociedade. Assim, ao mínimo desequilíbrio entre o meio natural e o urbano observa-se uma interrupção do normal funcionamento da sociedade (IDNDR, 1992), que segundo ALBADA-BERTAND (1993) citado por ALCÁNTARA-AYALA (2002) depende da magnitude e da tolerância que as comunidades manifestam face à adversidade. Em norma, esta perturbação traduz-se em prejuízos económicos, *i.e.*, um valor tangível (TOBIN & MONTZ, 1997). Porém o custo associado ao evento pode ser intangível, como é exemplo o incómodo decorrente da paralisação e inoperância das funções urbanas.

Em suma, ao atender-se que o perigo ocorre no espaço lesando elementos paisagísticos naturais e urbanos, afirma-se que a primeira fase da análise do risco possui como pilares de investigação a susceptibilidade, a perigosidade, a exposição de elementos e a vulnerabilidade, pois é uma questão geral num território particular com expressividades singulares (CANTOS & AYALA-CARCEDO, 2002).

Assim, a presente investigação surge como tema oportuno e atual, ao incidir sobre a frequência dos eventos de inundação/cheia e respetiva vulnerabilidade funcional decorrente destes eventos hídricos. Pois cada vez mais, o território urbaniza-se,

inserindo na paisagem novos elementos antrópicos, logo, modificando o equilíbrio natural e gerando diferentes graus de vulnerabilidade ao longo do território urbano.

## **1.2. Justificação da incidência territorial: Cidade de Santa Cruz, Ilha da Madeira**

Os riscos naturais com maior probabilidade de ocorrência na Ilha da Madeira são as cheias de carácter torrencial (aluvião), os fluxos de detritos e os movimentos de vertentes (FERNANDES, 2009; NEVES, 2010). Contudo, o que retêm maior atenção é o aluvião (SILVEIRA, MADEIRA, RAMALHO, FONSECA, & PRADA, 2010), que na ótica de RIBEIRO (1985) constitui uma cheia sob forma de corrente advinda de precipitação intensa, transportando todos os materiais que lhe aparecem à frente, inundando as áreas deprimidas no litoral, onde na atualidade, se encontram as principais cidades da ilha.

A Ilha da Madeira por ser um território insular, por si só, já possui um elevado grau de vulnerabilidade (FERNANDES, 2009). Ou seja, a sua morfologia de arribas íngremes descontínuas pelas fozes das ribeiras que se encaixam em vales profundos e estreitos, com fortes declives (RIBEIRO, 1985; FERNANDES; 2009; NEVES, 2010), traduzem-se numa grande amplitude altimétrica das bacias hidrográficas madeirenses, repercutindo-se na elevada velocidade do escoamento superficial (CARVALHO, 2004; SILVEIRA et al, 2010; NEVES, 2010). Estes fatos conferem aos cursos de águas destas bacias hidrográficas um regime torrencial. Tal, em conjugação com a localização geográfica, dota a ilha das características naturais necessárias para perigos advindos de condições meteorológicas adversas (NEVES, 2010). Nomeadamente, de precipitações intensas concentradas tanto no tempo como no espaço.

A explicação da ocorrência de precipitação intensa centra-se na localização geográfica da ilha da Madeira que a coloca sob a influência de massas de ar com cerca de 5550 metros de altitude, estando sujeita a situações de bloqueio (MEDEIROS, 1996). Devido a estas influências ocorre, por vezes, o cenário de precipitação advinda das gotas de ar frio, *i.e.*, “*colunas ciclónicas*” de origem de ar frio polar que estão rodeadas de ar quente, que em conjugação com outros factores, como a orografia e a temperatura, torna os episódios chuvosos intensos e abundantes em termos quantitativos. Em norma, as gotas de ar frio atuam entre o final do verão e inícios de outono, registando-se também no início do inverno (VENTURA, 1987; MATA, 1999; ABREU et al, 2008;).

Para além da localização, a exposição de vertentes é outro elemento condicionador da precipitação. Ou seja, como o relevo é perpendicular (E-W) aos ventos dominantes na Ilha, regista-se um maior índice pluviométrico no sector norte (MATA, 1999; SILVEIRA et al, 2010; FRAGOSO, TRIGO, LOPES & ULBRICH, 2012). Os ventos dominantes possuem a direção nordeste e oeste (RIBEIRO, 1985; PRADA et al, 2003; NEVES, 2010), o que indica que as vertentes expostas a estes possuam menor índice de vegetação do que as vertentes abrigadas da sua ação (RIBEIRO, 1985). Tal é explicado pelos ventos de nordeste originarem precipitação orográfica. Já os ventos do sul, sudoeste e oeste são os responsáveis pela precipitação ciclónica ou frontal (NEVES, 2010).

Conclui-se que tanto a circulação atmosférica, como o relevo e latitude influenciam as características climáticas da região, tendo a Madeira um clima mediterrâneo, onde o verão corresponde ao período seco e o inverno ao período húmido. Deste modo, as bacias hidrográficas possuem um regime hídrico sazonal.

Por tudo isto, os meses mais propícios à ocorrência de cheias rápidas (aluviões) e inundações são os do outono e inverno.

O evento de 20 de fevereiro de 2010 demonstrou que os aluviões possuem uma grande capacidade de destruição, como indica RIBEIRO (1985). Este evento desenvolveu-se não só pelas condições geomorfológicas da ilha e pelas condições meteorológicas, mas também foi amplificada pelos factores antrópicos que contribuíram para as danosas consequências que teve (FRAGOSO, 2012). Note-se que o evento apenas afetou a vertente sul da ilha.

Segundo o registo de SILVEIRA *et al.* (2010), as principais áreas urbanas afetadas pelos aluviões ao longo dos anos foram: Funchal, Ribeira Brava e Machico, não englobando a cidade de Santa Cruz. Contudo, na história do município de Santa Cruz que se escreve desde a época de colonização da ilha, observa-se a descrição de fenómenos naturais destruidores, onde se identifica os aluviões como o evento mais temido (PIO, 2001). A este dado reúne-se a conclusão de MORNA (2005) que afirma que os eventos hídricos na história do município terão influenciado a localização da cidade de Santa Cruz. Esta conclusão adveio da análise cartográfica onde observou que as construções na foz da Ribeira de Santa Cruz se encontravam a nascente.

Desta forma, afirma-se que as cheias rápidas e inundações fazem parte da realidade deste território e que possuem uma forte relevância para o planeamento e ordenamento do território.

Assim, a escolha do território a estudar recaiu sobre cidade de Santa Cruz, sede concelhia do município do mesmo nome, pois é um local de forte suscetibilidade e perigo ainda não analisado.

A cidade de Santa Cruz desenvolveu-se no litoral do concelho devido à densa vegetação na época da colonização. Tal é afirmado pelo relato de Gonçalves Zarco que descrevia Santa Cruz como *“um local, à beira-mar, coberto de arvoredos frondosos e virgem”* (PIO, 2001: 24). Com a fixação do povoamento a ação de colonização caracterizou-se pela desflorestação para a construção de aglomerados populacionais, em que as margens das ribeiras eram ocupadas pelo cultivo de vinhas e cana-de-açúcar (RIBEIRO, 1985; PIO, 2001). Esta estratégia de ocupação do solo deveu-se ao relevo acidentado que tornava muito difícil a penetração para o interior.



**Figura 1 - Centro funcional da cidade de Santa Cruz delimitado pela Ribeira de Santa Cruz e da Calçada.**

Segundo PIO (2001), a delimitação da cidade atual faz-se da Ribeira da Boaventura ao Aeroporto. Ao atender-se a esta demarcação afirma-se que no território da cidade desaguam quatro cursos de água: Ribeiro do Moreno, Ribeira da Calçada/Ribeirinho; Ribeira de Santa Cruz e Ribeira da Boaventura, que circulam por vales encaixados de fortes declives. Porém, o centro histórico da cidade, hoje, interpretado como o centro funcional, localiza-se numa área depressiva, entre a Ribeira de Santa Cruz e Ribeira da Calçada (figura 1). Ou seja, o núcleo da cidade assenta sobre uma planície aluvial terminal de vários cursos de água (coalescência de vários leques

aluviais). É esta a área que será alvo de estudo, apenas sendo composta por duas bacias hidrográficas: Ribeira de Santa Cruz e Ribeira da Calçada.

Porém, a área urbana adensou-se e expandiu-se para norte, impulsionada pela construção da via rápida (MORNA, 2005) e de equipamentos públicos, como é o caso das escolas. Deste modo, a área de estudo prolonga-se pela Avenida 2 de Agosto de 1996 até a Rua da Ribeira (figura 2).



**Figura 2 – Identificação da área de estudo na cidade de Santa Cruz.**

A posição geográfica, o desenvolvimento económico e o historial de eventos hídricos suscitaram diversas questões de partida para a investigação:

- Qual é o processo hidrogeomorfológico mais frequente: cheia rápida, inundação urbana ou galgamentos costeiros? Qual a área afetada para cada tipo de evento? Qual é o processo mais severo?
- Quais as consequências? As consequências inerentes dos fenómenos naturais agravaram-se nas últimas décadas?
- Das consequências reais, quais as perturbações funcionais que os eventos acarretam no território?

### 1.3. Objetivos

As questões de partida para a dissertação estabeleceram como objetivo principal a análise da perigosidade de eventos hídricos danosos na cidade de Santa Cruz. Assim,

propõe-se inventariar e cartografar os eventos hídricos danosos - inundações urbanas, cheias rápidas e galgamentos costeiros - com o intuito de obter-se uma base de dados com o histórico, as áreas suscetíveis e os elementos expostos à sua ocorrência.

Outro objetivo consiste na medição da altura da coluna água dos eventos registados de forma a analisar e classificar a severidade dos eventos.

Para além destes objetivos procura-se determinar os impactos advindos da ocorrência dos diferentes tipos de inundação, de modo a avaliar a disfunção nas atividades urbanas que implicam estes eventos hídricos extremos.

Em suma, a presente dissertação visa ser um documento de apoio para a implementação de boas práticas nas políticas de ordenamento do território da área urbana de Santa Cruz, mediante a análise da severidade dos eventos hídricos e na identificação das áreas suscetíveis, de forma a apontar medidas que ajudem a resolver os problemas, através de soluções que minimizem as consequências da ocorrência dos eventos hídricos danosos.

#### **1.4. Organização da dissertação**

A presente dissertação intitulada por “Inundações urbanas, cheias rápidas e galgamentos costeiros na cidade de Santa Cruz, Ilha da Madeira: áreas afetadas, frequência e avaliação da vulnerabilidade funcional” é constituída por quatro capítulos.

Inicialmente, correlaciona-se os perigos naturais e a intervenção humana no território, sobretudo, no que respeita a territórios urbanizados. Destaca-se nesta compilação os efeitos de áreas urbanas nos eventos hídricos danosos. Com esta abordagem justifica-se a pertinência do tema que intitula a dissertação.

Após o conhecimento do tema e seus contornos, apresenta-se o território em estudo e o porquê da sua escolha, bem como, os objetivos a conseguir com o estudo.

Antes de se iniciar a análise dos dados obtidos define-se os termos necessários e indispensáveis a esta abordagem, dividindo-se este ponto em duas subcategorias, são elas: “Risco natural e o perigo” e “Cheias e inundação”. Deste modo, encerra-se o capítulo I.

Inicia-se, o capítulo II com a descrição da metodologia para o inventário dos eventos históricos, bem como, para a identificação dos elementos expostos “Ficha de caracterização de áreas inundáveis”. Segue-se num outro ponto a reflexão sobre o território da cidade de Santa Cruz, nomeadamente, as características morfológicas da

cidade e das bacias hidrográficas que a intersectam, bem como, as características antrópicas em que se insere, em termos de ocupação do solo.

Com o conhecimento pormenorizado do território avança-se para a descrição dos eventos hídricos ocorridos na área em estudo, identificando-se os perigos hídricos do território, bem como, a sua frequência.

No capítulo III insere-se a segunda temática da dissertação que se refere à vulnerabilidade funcional da cidade de Santa Cruz ao perigo de cheias e inundações. Numa primeira etapa aborda-se algumas questões gerais relacionadas à vulnerabilidade e resiliência de um território, avançando-se de seguida para a exposição dos elementos da cidade de Santa Cruz e características demográficas de forma a culminar com a análise das perturbações sociais.

Por fim, resume-se os resultados e elabora-se uma discussão destes no capítulo IV.

## **1.5. Conceitos estruturantes**

### **1.5.1. Risco natural e perigo**

A emergência do conceito risco adveio da interação do homem com o meio natural, pois a humanidade começou a interpretar os fenómenos naturais já existentes como eventos danosos (ALCÁNTARA-AYALA, 2002). Assim, WHITE (1974) citado por MARANDOLA & HOGAN (2003); CANTOS & AYALA-CARCEDO (2002) afirmam que o risco apenas existe porque existe o homem, sendo o risco o cenário alterado pela atividade humana.

Nesta linha afirma-se que o risco não é apenas composto pelo processo que desencadeia o evento (perigo) mas também, pelas características inerentes aos elementos antrópicos (vulnerabilidade) (CUTTER, BORUFF, & SHIRLEY, 2003). Só ao conhecer-se as características físicas do território e a sua dinâmica social se conhece verdadeiramente o risco específico. Deste modo, define-se duas variáveis importantes no risco: o *perigo* e a *vulnerabilidade*.

O perigo, processo danoso (ALEXANDRE, 1993; JULIÃO, NERY, RIBEIRO, BRANCO & ZÊZERE, 2009; CASTRO 2000), possui como *agentes desencadeantes* os factores atmosféricos, hidrológicos ou geomorfológicos (ALCÁNTARA-AYALA, 2002), que não se manifestam sempre com as mesmas características. Tal reflete que o



perigo é determinado pela **magnitude** e **frequência**, o que segundo JULIÃO *et al.* (2009) é interpretado como **severidade**.

A severidade define-se como a “*capacidade do processo ou ação para danos em função da sua magnitude, intensidade, grau, velocidade ou outro parâmetro que melhor expresse o seu potencial destruidor*” (JULIÃO *et al.*, 2009:20). Assim, a severidade remete para algo que possa ser lesado, ou seja, para os elementos expostos. Interpreta-se, como elementos de risco ou elementos expostos os equipamentos, as propriedades, as atividades económicas, os cidadãos (ZÊZERE, PEREIRA & MORGADO, 2006; JULIÃO *et al.*, 2009) e os serviços públicos (VARNES, 1984).

Os elementos expostos encontram-se num espaço num determinado tempo, transferindo-se estas condições para o evento. Quer isto dizer, que o perigo ocorre num dado local num determinado período. Quando abordado a sua localização geográfica assume-se o termo **suscetibilidade**, já quando analisa-se o período de **recorrência** utiliza-se o conceito de perigosidade (GARCIA & ZÊZERE, 2003). Deste modo, a suscetibilidade é a predisposição de uma determinada área ser afetada pelo perigo, não se atendendo ao período de retorno ou frequência, pois estas variáveis definem a perigosidade. Apresenta-se a **perigosidade** como “*probabilidade de ocorrência de um processo ou ação (natural, tecnológico ou misto) com potencial destruidor (ou para provocar danos) com uma determinada severidade, numa dada área e num dado período de tempo*” (JULIÃO *et al.*, 2009:21), i.e., é a probabilidade da ocorrência associada à respetiva severidade localizada no tempo e no espaço (AYALA-CARCEDO, 2002; TAVARES, 2008; JULIÃO, 2009; ZÊZERE, 2006).

Os **elementos expostos** associados ao perigo, severidade e suscetibilidade possuem consoante a perigosidade determinadas **consequências** ou **danos**. Estes danos são avaliados pelo valor económico direto ou indireto (JULIÃO *et al.*, 2009), que no seu conjunto corresponde à **vulnerabilidade**.

Designa-se por **vulnerabilidade** o “*grau de dano de um determinado elemento ou conjunto de elementos em risco resultantes da ocorrência de um fenómeno natural com uma determinada magnitude*” (VARNES, 1984:10). Entende-se, assim, a vulnerabilidade<sup>1</sup> como **perda efetiva** de um elemento exposto, isto é, resulta da própria exposição do Homem ao perigo (FERNANDES, 2009).

---

<sup>1</sup> Conceito desenvolvido no capítulo III.



Conclui-se que o perigo possui uma determinada suscetibilidade caracterizando-se por um dada severidade que afeta elementos com um valor que ao correlacionar-se com a perigosidade apresentam consequências e danos. Assim, define-se o risco (figura 3).

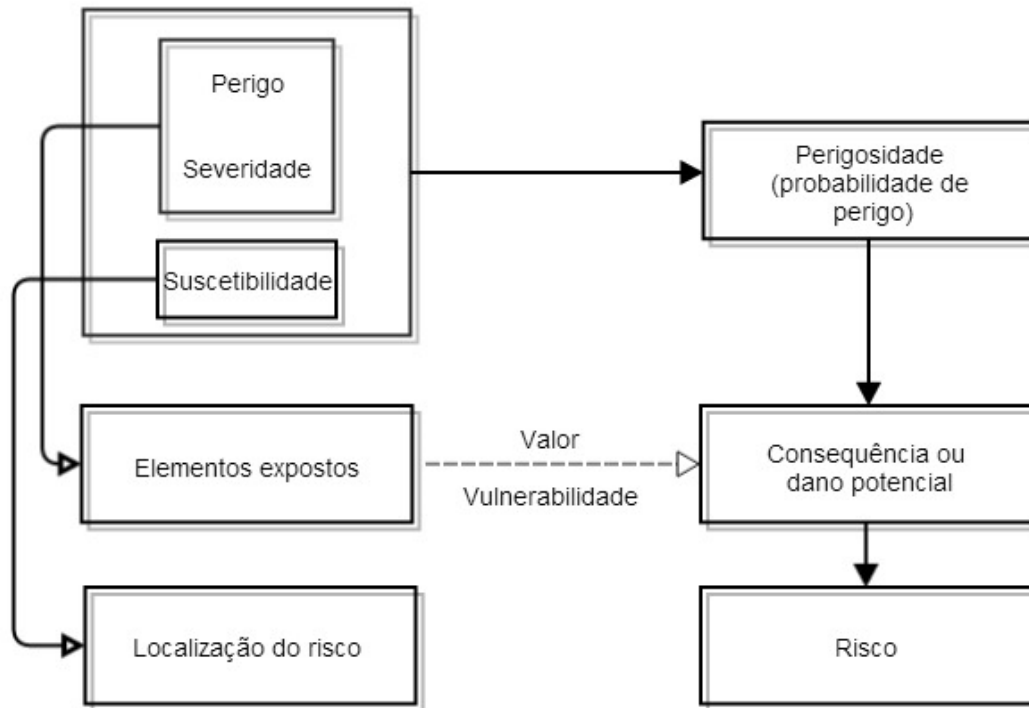


Figura 3 - Correlação dos conceitos associados ao risco (adaptado JULIÃO et al., 2009).

Desta forma, assume-se que o risco natural corresponde ao potencial dano causado numa dada sociedade num determinado período por um fenómeno natural indesejado (EM-DAT; CUNHA & DIMUCCIO, 2002; ZÊZERE, PEREIRA, & MORGADO, 2006; CASTRO, PEIXOTO, & PIRES DO RIO 2005), relacionando-se o elemento ativo, o sistema físico, com elemento passivo, os elementos antrópicos, incluindo o próprio Homem (FERNANDES, 2009).

Na ótica de VARNES (1984) o risco apenas pode ser entendido como uma operação binária, onde só há risco se existir vulnerabilidade.

Na legislação portuguesa o risco define-se como a “*probabilidade de ocorrência de um processo (ou acção) perigoso e respetiva estimativa das suas consequências sobre pessoas, bens e ambiente*” (ANPC, 2009:14).

No que se refere a riscos específicos, como são as cheias, a definição adotada pela legislação, Decreto-Lei nº115/2010 de 22 de Outubro, é a de que o risco consiste na probabilidade da ocorrência da cheia associada à sua severidade de magnitude.

### 1.5.2. Eventos hídricos: cheias e inundações

Os sistemas naturais caracterizam-se por serem dinâmicos, exemplo disso, é o sistema climático, onde as suas variáveis são inconstantes e imprevisíveis, ocorrendo extremos, como sucede-se com a precipitação.

Quando ocorre valores elevados de precipitação num território, em norma, ocorre a submersão deste, assim, a precipitação apresenta-se como causa direta dos eventos hídricos (RAMOS, 2005).

Os valores extremos da precipitação variam consoante a localização geográfica do território. LECANSTRE & FRANCO (2003) adotam a classificação de LENARD citado por DUNNE (1978) que caracterizam os episódios chuvosos de 15 a 20 milímetros (mm) por hora como chuvas fortes (quadro 1). Para a Ilha da Madeira foi definido o extremo húmido de 30 mm por dia (SÉPULVEDA, 2011), o que indica que acima deste valor pode ocorrer submersão de áreas emersas.

Tipo de precipitação	Intensidade (mm/h)
Molinha	0.25
Chuva fraca	1-5
Chuva forte	15-20
Tempestade violenta	100

Quadro 1 – Granulometria dos diferentes tipos de chuva e características correspondentes (adaptado de LECANSTRE & FRANCO, 2003) .

As inundações no seu conjunto correspondem a escoamento superficial que é condicionado pela retenção de águas num dado local num determinado tempo (BOHM e DENEKE, 1992 citado por HARTMANN, 2011). Ou seja, é a submersão temporária de áreas pela acumulação de água que, em norma, se encontram emersas (Decreto-Lei nº115/2010 de 22 de Outubro).

Estes processos tanto ocorrem em áreas rurais como urbanas, caracterizando-se na primeira área pela sua extensão e na segunda pela difícil gestão devido à concentração de elementos, logo, mais dispendiosa (JHA, BLOCH & LAMOND, 2012).

Os eventos hídricos, segundo SMITH e WARD (1998) citado por ALMEIDA (2007), classificam-se com base no processo físico de origem (processo de formação e causas); no percurso (propagação, identificação das linhas de água e comportamento);

no recetor (área onde ocorre o evento e identificação dos elementos expostos) e nas consequências (resultado da ocorrência).

No que se refere à origem o evento tipifica-se como fluvial; e/ou marítimo (Decreto-Lei nº115/2010 de 22 de Outubro) e/ou derivar de uma falha do sistema pluvial (COSTA *et al.*, 2005; JHA *et al.*, 2012). Os recetores onde conjugam-se os três tipos de processos são considerados como complexos, que segundo JHA (2012) são às áreas urbanas.

Os eventos de origem fluvial, designados por cheias, definem-se por submergir o território através do transbordo do curso de água expandindo-se pela planície aluvial ou /planície de inundação (GOUDIE, 2004; HARTMANN, 2011). De acordo com RAMOS (2005) e ZÊZERE *et al.* (2006) são considerados fenómenos extremos.

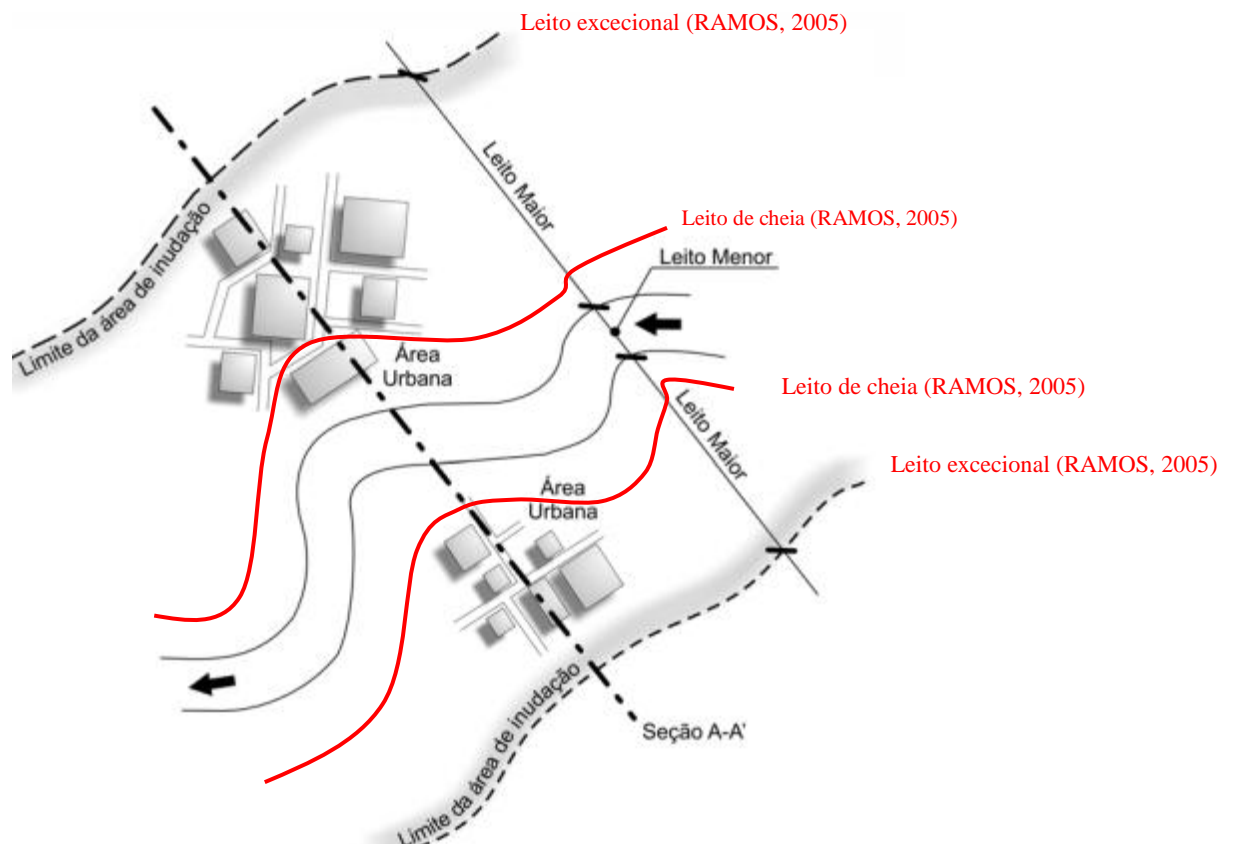
Em norma, o transbordo sucede-se quando ocorre um aumento da precipitação que se repercute no aumento do caudal; ou devido a torrentes de montanha; ou em virtude do aparecimento de linhas de água efémeras (Decreto-Lei nº115/2010 de 22 de Outubro). Outra fonte de cheia é agitação marítima (*storm surge*) que se caracteriza pela subida do nível do mar nos troços terminais dos cursos de água e consequentemente aumenta o caudal, ocasionando o transbordo destes quando associado à elevada precipitação (OLIVEIRA & RAMOS, 2002; RAMOS, 2005; SANTOS, 2009; ANCP,2010).

As áreas suscetíveis a cheias designam-se por planície de inundação que é interpretada como área dentro do vale do curso de água. Consequente é passível de ser inundada pelo transbordo (HARTMANN, 2011). A expansão da água pode suceder-se nas áreas próximas à linha de água, no designado leito de cheia que possui um período de retorno baixo. Ou pode extravasar para áreas mais afastadas do curso de água, observando-se o leito de cheia excecional que se caracteriza-se por cheias de grande magnitude, logo, com maior período de retorno (RAMOS, 2005). Mas para TUCCI (2005), apenas sucede-se uma delimitação de cheia intitulada de leito maior (figura 4).

No âmbito legal, Decreto-Lei nº89/87 de 26 de Fevereiro, a área de cheia é delimitada pelo curso de água e pela linha que delimita o perímetro de inundação da cheia de maior magnitude e extensão. Define-se, assim, as áreas adjacentes presentes na Lei nº54/2005 de 15 de Novembro.

Uma área de cheia pode ser analisada pela ocorrência, áreas com maior probabilidade de ser afetadas associadas à época do ano, já recorrência associa-se à

probabilidade de um dado caudal registrar-se, o designado período retorno (RAMOS, 2005).



**Figura 4 - Identificação do leito maior e menor, classificação de TUCCI (2005) e do leito de cheia e excecional, classificação de RAMOS (2005), (adaptado de TUCCI, 2005).**

No que se confere à probabilidade de ocorrência, segundo o Decreto-Lei nº 115/2010 de 22 de Outubro, Artigo 7º, as cheias podem ser de:

- fraca probabilidade cenários quando ocorre fenómenos extremos;
- média probabilidade com período de retorno superior a 100 anos;
- probabilidade elevada quando as cheias ocorrem num período inferior a 100

anos.

Note-se que pode ocorrer inundações advindas das cheias, contudo nem todas as inundações advém de origem fluvial (RAMOS, 2005). Podendo a submersão do território ocorrer por galgamento costeiro (RAMOS, 2005; SANTOS, 2009), i.e., quando acontece uma inundação advinda de agitação marítima onde as infraestruturas litorais são galgadas pelo mar (JULIÃO, 2009). Ou pode afluir devido à impermeabilização das áreas urbanas ou pelo deficiente escoamento das águas pluviais

(superficial e subterrâneo), designando-se por inundação urbana (OLIVEIRA & RAMOS, 2002; RAMOS, 2005; SANTOS;2009).

O segundo parâmetro de tipificação dos eventos hídricos, percurso/propagação, permite através da velocidade categorizar as cheias em dois tipos: progressivas ou rápidas. Em norma, as cheias progressivas sucedem-se sobretudo em bacias hidrográficas de grandes dimensões perante um cenário de precipitação intensa ao longo de semanas. Já as **cheias rápidas** realizam-se num cenário de chuva intensa concentrada no tempo e, geralmente, acontecem em pequenas bacias (RAMOS & REIS, 2001; ZÊZERE *et al.*, 2006). Segundo, ZÊZERE *et al.* (2006) as cheias rápidas possuem uma carga sólida, e associam-se na maior parte das vezes às gotas frias (RAMOS & REIS, 2001).

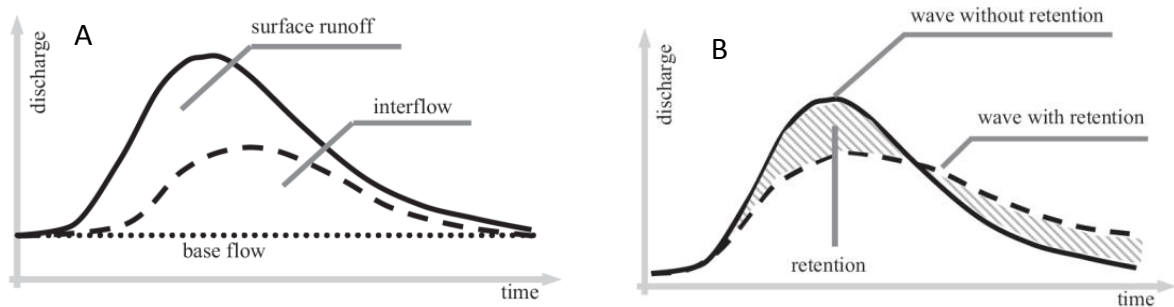
Deste modo, o tamanho da bacia hidrográfica, área de drenagem de um curso de água ou de vários interligados (RAMOS, 2005), condiciona a forma das curvas de vazão, ou seja, se a bacia hidrográfica for de grandes dimensões tem-se uma curva com um pico de cheia fraco. Já se bacia tiver uma dimensão menor (menor área de retenção) origina cheias onde o caudal sobe rapidamente, o que favorece a ocorrência de cheias de curta duração. Assim, para o primeiro tipo de bacia, o fluxo demora mais de 12 horas a chegar ao curso de água principal, já para o segundo tipo demora minutos (PATT, 2001).

O último cenário, cheia rápida, realiza-se quando sucede um episódio de precipitação intensa que ao cair, inicialmente, infiltra-se e começa a possuir a mesma direção do que o fluxo de base. Contudo, quando o solo satura, a sua capacidade de absorção esgota-se, originando um escoamento superficial, o *runoff* (PATT, 2001), que procura a linha de água mais próxima (LENCASTRE, & FRANCO, 2003)

Em superfícies onde não existe infiltração o escoamento superficial é muito rápido, diminuindo após algum tempo como se pode observar na figura 5A (PATT, 2001). Se a cheia ocorrer em locais sem retenção tende a possuir um pico mais elevado do que a que possui uma retenção, figura 5B. A detenção da água pode ser realizada pela cobertura vegetal (condiciona a quantidade de água) e pelo solo (as áreas mais abruptas retém menor quantidade de água).

Assim, no evento de cheias não se pode só ter em atenção o factor direto, a precipitação, pois para além da génese meteorológica existe a interação de outros sistemas como o botânico, edáfico, hidrogeológico e intervenção humana que influênciam o valor de água disponível para o escoamento (RAMOS, 2005). Tal indica que os

valores dos caudais máximos devem de ser estimados tendo em atenção os sedimentos disponíveis para transporte, uma vez que, eles podem gerar fluxos de detritos (CANTOS & AYALA-CARCEDO, 2002).



**Figura 5 - (A) Escoamento de um dado local, (B) Efeito de retenção nas curvas de inundações. (PATT, 2001).**

Para conhecer-se o comportamento do curso de água responsável pelo cenário de cheia é necessário enquadrá-lo na bacia hidrográfica e caracterizá-la, através da geometria, rede de drenagem, relevo, substrato geológico, solos e vegetação (RAMOS, 2005), socorrendo-se das suas componentes e índices (quadro 2).

O conhecimento da forma da bacia hidrográfica permite inferir o tempo que a água provinda de um episódio chuvoso demora a entrar no curso de água. Numa bacia de forma arredondada o escoamento é uniforme, reduzindo o tempo de fornecimento para o curso de água principal. Já a bacia alongada possui um tempo de concentração maior, ou seja, todos os pontos da bacia não contribuem ao mesmo tempo com água para a ribeira. Assim, o pico máximo não ocorre logo após o episódio chuvoso (LENCASTRE & FRANCO, 2003).

Outro parâmetro utilizado para a percepção da perigosidade de cheias é a inclinação da bacia de drenagem com a sua dimensão, pois permite concluir o tempo de concentração. Se o tempo de concentração for reduzido, regista-se um aumento da perigosidade e vice-versa. Ainda no que se refere à declividade sabe-se que quanto maior é o declive, menor é a infiltração (RAMOS, 2005), originando escoamento superficial. O escoamento superficial começa quando área apresenta declives superiores a 6° onde o processo dominante é o escoamento superficial, sendo a infiltração diminuta (SOUZA, 2004).

Componentes <sup>2</sup>		Índice <sup>3</sup> Formula	Descrição
Área	Geometria	Factor Forma $Kf = \frac{A}{L^2}$	Relação da área da bacia hidrografia (A) com o comprimento do curso mais longo (L). Deste modo, determina-se a tendência para cheias naturais. Quanto menor o valor, menor é a tendência para a ocorrência de cheias
Forma		Coeficiente de compacidade ou Índice de Gravelius $Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	Se o resultado for igual a 1, indica que a bacia é arredondada, logo maior tendência para a ocorrência de cheias. Quando regista-se valores inferiores a 1,6 caracteriza-se a bacia como compacta.
Nº de cursos de água	Rede de drenagem	Densidade de drenagem $Dd = \frac{L_t}{A}$	Relação entre o total dos comprimentos dos cursos de água (L <sub>t</sub> ) da bacia de drenagem com a sua área (A). Este índice fornece o grau de eficiência de drenagem natural. Quanto menor a densidade drenagem mais sujeito a cheias.
Comprimento		Percurso médio do escoamento superficial $Ps = \frac{A}{4L_t}$	No cenário do escoamento ter como direção uma linha reta, este indicador fornece a distância a percorrer pela água, dando a noção de distância que o fluxo tem de percorrer até ao curso de água.
Sinuosidade		Hierarquia Strahler	Ordem 1- sem afluentes
Hierarquia			Ordem 2- com dois ou mais afluentes de ordem 1
Altitude	Relevo	Amplitude altimétrica $D = Hmax - Hmin$	Fornece a indicação do grau de irregularidade da bacia. Caso seja acidentada (grande amplitude) o escoamento faz-se mais rápido não se acumulando na bacia o que leva a possibilidade de cheias a jusante.
Inclinação		Índice de rugosidade $IR = D \times Dd$	O produto da amplitude altimétrica com a densidade de drenagem permite relacionar o declive das vertentes. Quanto maior for o valor maior é a probabilidade de ocorrência de cheias naturais devido à energia que o escoamento superficial tem.
Litologia	Substrato geológico		
Estrutura			
Textura	Solos		
Espessura			
Tipo	Vegetação		
Grau de cobertura			

**Quadro 2 - Componentes e índices para caracterização das bacias hidrográficas**

No caso de declives máximos de 20° junto ao curso de água e com aproximadamente 40% da bacia urbanizada, como é exemplo, bacia do Ribeirão das Anhumas, Brasil, surge a situação onde as áreas de maior risco de inundação se localizam em áreas deprimidas em relação aos pontos altos. Tal sucede-se porque a direção do fluxo de água faz-se das áreas de maior declive para as de menor, onde a

<sup>2</sup> RAMOS (2005)

<sup>3</sup> LENCASTRE, & FRANCO(2003)

velocidade do escoamento começa a perder energia e a acumular-se, originando a inundação (CARVALHO, 2004; BROGUENTI, 2005).

No contexto da ilha da Madeira, a perigosidade das cheias surge da diferença de declives superiores a 30% nas áreas de montanha a 4% nas áreas ribeirinhas que origina uma enorme torrencialidade dos cursos de água (NEVES, 2010).

O substrato geológico é importante na caracterização das bacias hidrográficas, uma vez que, determina a capacidade de permeabilidade. Se a permeabilidade for elevada a infiltração é favorecida em detrimento do escoamento, já se for diminuta sucede o inverso (RAMOS, 2005).

No que se refere ao substrato pedológico a informação é a de que a maior capacidade de absorção do solo ocorre no início do episódio de pluviosidade, decrescendo consoante as características pedológicas. Assim, um solo arenoso, devido ao espaçamento das partículas, possui uma maior capacidade de infiltração do que o argiloso. Porém, são os argilosos que retêm mais tempo a água. Tal permite um espaçamento temporal entre o episódio chuvoso e a entrada no curso de água, mas, como este mesmo solo possui uma baixa infiltração de água reflete-se num aumento de água disponível para o escoamento superficial (TUCCI & BERTONI, 2003).

Já para às inundações urbanas o substrato pedológico não é relevante, uma vez, que o espaço se encontra fortemente impermeabilizado. Tal reflete-se num escoamento superficial desde o início do episódio de precipitação, o que indica que a formação de inundações urbanas é rápida, uma vez que, se formam em minutos ou horas (REBELO, 1997 citado por OLIVEIRA & RAMOS, 2002). De forma a responder a este cenário, as áreas urbanas adotam como solução a construção de uma rede pluvial para desempenhar o papel do solo. Contudo, por vezes a sua capacidade é insuficiente, tornando-se numa fonte de inundação urbana (COSTA *et al.*, 2005).

A estes factos junta-se o crescimento desordenado das cidades. Isto é, a impermeabilização traduz-se na redução do tempo de concentração do escoamento superficial, o que leva a um maior coeficiente de água disponível para o caudal do curso de água, como registado nos estudos de GOMES, OLIVEIRA & NASCIMENTO (2004) e DUARTE *et al.* (2007), como também, para escoamento superficial detetado por GRAMANI, SILVA, ALMEIDA, & GOUVEIA (2004) e COSTA *et al.* (2005).

Segundo a American Society of Civil Engineers (1992) o maior impacto da urbanização nas bacias hidrográficas advém das vias pavimentadas, calçadas, parques de estacionamento e praças que disponibilizam água para o escoamento superficial,



designado por LIMA (1990, citado por RODRIGUES, 2011) como morfologia antrópica.

O escoamento superficial nas áreas urbanas faz-se pelo percurso das vias de comunicação (ruas /avenidas). Quer dizer-se que a malha urbana pode condicionar o escoamento (OLIVEIRA & RAMOS, 2002; REBELO, 2003; COSTA *et al.*, 2005). Para OLIVEIRA & RAMOS (2002), quadro 3, as vias que presenciam escoamento podem ser classificadas por canalizadoras, recetoras e ou cruzamento. Outro elemento categorizado são as praças e largos que podem ser emissoras, encaminhadoras e recetoras. Já MARAFUZ (2011) opta pela tipificação dos eixos em canalizador ou recetor/canalizador. Os cruzamentos, identifica-os como divergentes ou convergentes. Já as praças, largos e rotundas são divergentes, convergentes ou convergentes/divergentes.

	Classificação OLIVEIRA & RAMOS (2002)	Descrição	Classificação MARAFUZ (2011)
Eixos	Canalizador	Fluxo circula entre dois pontos, onde não há vias convergentes.	Canalizador
	Recetor	Quando a via recebe fluxo de outras vias. MARAFUZ (2011) acrescenta que esta via encaminha o fluxo para outras vias.	Recetor/canalizador
	Cruzamento	Local onde o fluxo advindo de um eixo encaminha-se para outro.	Divergente
		Reúne-se os fluxos advindos das vias.	Convergente
Praças, largos e rotundas	Emissores	Áreas de divergência do fluxo.	Divergência
	Encaminhadores	Quando recebem o fluxo de vias canalizadoras e recetoras e voltam a encaminha-lo.	Convergência /divergência
	Recetores	Quando acumula-se aqui os fluxos advindos das vias.	Convergência

**Quadro 3- Classificação do escoamento superficial segundo as vias de comunicação, de acordo com OLIVEIRA (2002) e MARAFUZ (2011).**

No que se refere ao escoamento superficial em áreas urbanas, sabe-se que existe um aumento da velocidade de propagação, uma vez que, a resistência das superfícies à água é menor (LECANSTRE,& FRANCO, 2003). Outro motivo associado à velocidade do escoamento urbano é o declive das vias. Ou seja, quanto maior a amplitude das vias maior é o aumento da energia do fluxo, que consequentemente, pode degradar o

pavimento da via ou a arrastar elementos, como automóveis (OLIVEIRA & RAMOS, 2002).

Em norma, a água que circula nas vias declivosas acumula-se em áreas deprimidas onde é localizado as maiores alturas de água. Assim, a profundidade surge como indicador da intensidade do evento (GENOVESE, 2006), ou seja, é indicador Do grau de severidade.

Para além, do transbordo fluvial, do escoamento provindo da impermeabilização ou da ineficiência da rede pluvial existem ocorrências de origem marítima, os designados galgamentos costeiros. Este tipo de ocorrência é condicionado pelas características da área litoral, dado que, por exemplo a existência de dunas que protegem e minimizam os efeitos deste tipo de ocorrência.

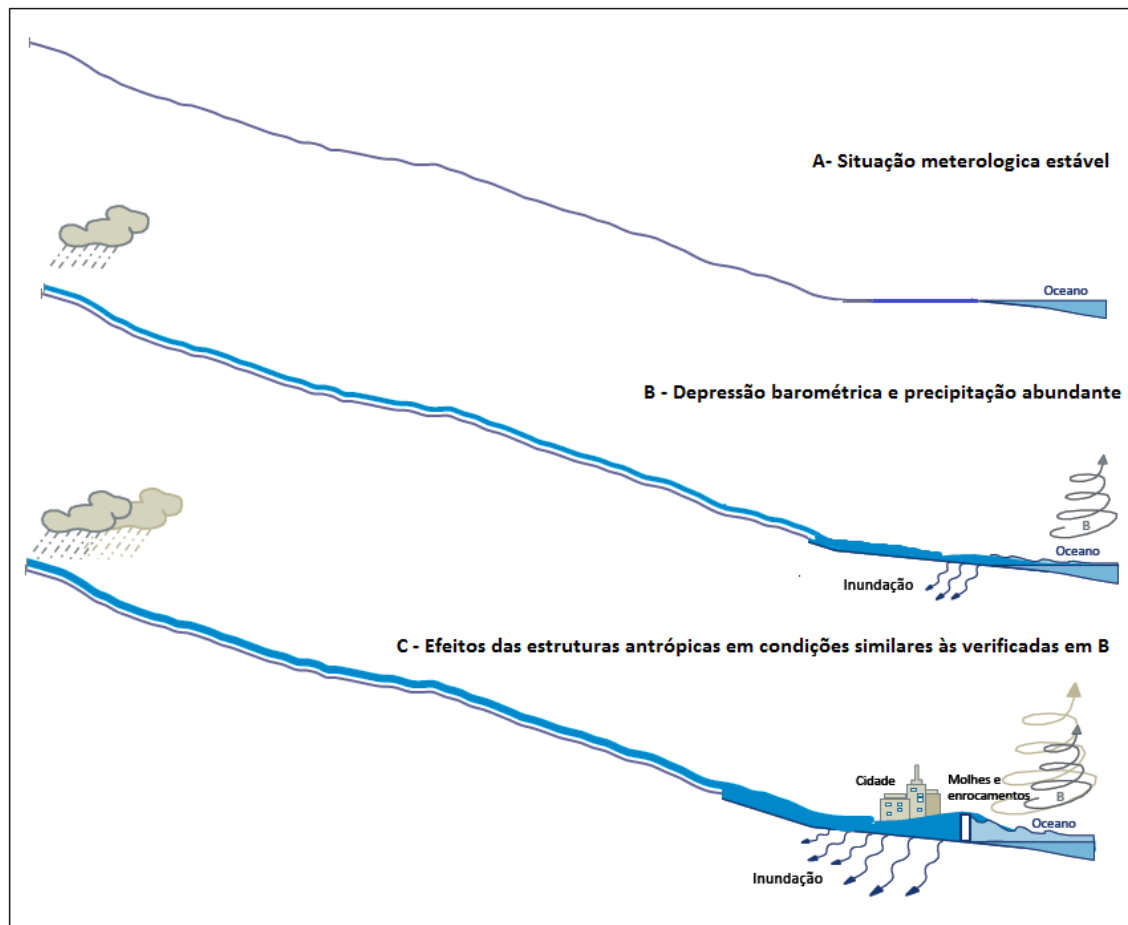


Figura 6- Evolução da susceptibilidade a inundações, considerando um evento meteorológico do mesmo tipo (adaptado da ANCP, 2010)

Outro facto que condiciona a severidade dos galgamentos costeiros prende-se com a ocupação humana que se estabelece próximo da linha de costa e com o elevado valor económico dos elementos expostos (ANCP,2010).

A posição geográfica dos territórios na área litoral traduz-se, quando conjugada com condições meteorológicas adversas como a ocorrência de precipitação abundante motivada pela existência de depressão barométrica muito expressiva (figura 6B, C), em dois cenários. O primeiro cenário corresponde ao efeito “*storm surge*” em que o nível do mar sobe devido à ondulação de tempestade que ganha mais altura em virtude da diminuição da pressão atmosférica e nos estuários ou fozes, aumentam os caudais dos cursos de água, provocando a ocorrência de uma cheia. Já o segundo cenário (figura 6C) descreve-se pela ocorrência de inundação urbana (escoamento superficial potenciado pela impermeabilização) e de galgamento costeiro (agitação marítima que galga as infraestruturas locais), unindo-se os fluxos em áreas de acumulação localizadas, por exemplo, num centro urbano costeiro.

Em norma, o galgamento costeiro advindo das tempestades marítimas, desencadeadas por vento forte, localizam-se em “*costas baixas e arenosas, com praias estreitas, ou na embocadura de cursos de água*” expandindo-se até onde o declive da superfície da malha urbana o permite, marcando-se assim o limite do perímetro de inundação por agitação marítima (ANCP,2010:43)

Afirma-se que o aumento da perigosidade dos eventos hídricos está associado à desflorestação e à urbanização que impermeabiliza o solo. Para RAMOS & REIS (2001) e HARTMANN (2011) as ações humanas que contribuem para este aumento da perigosidade são a prática de construção ribeirinha (nos leitos da ribeira), a canalização, a falta de limpeza nos pequenos cursos de água, bem como, a construção de elementos transversais ao percurso do curso de água, uma vez que, constituem elementos que poderão transformar-se em diques. Já na área litoral a urbanização ocupa as áreas sensíveis para o seu crescimento (ANCP, 2010).

Os territórios com o perigo de inundação ou cheia, em norma, possuem pontos críticos de escoamento. Geralmente constituem sectores do território que funcionam como obstáculos ao escoamento, podendo este ser de origem natural ou humana. Na ótica de SANTOS (2009), estes subdividem-se em três categorias: locais de estrangulamento do vale; locais afetados pela insuficiência de escoamento e locais que conjugam o estrangulamento do vale e insuficiência de escoamento.

A precipitação ao ser o processo que desencadeia as cheias/inundações, qualquer que seja a mudança do seu comportamento reflete-se nos eventos hídricos, como é o caso, das mudanças climáticas. O IPPC (2007) calculou que a probabilidade de ocorrência das chuvas intensas aumentará e que no futuro estas serão mais frequentes. Logo, as inundações serão eventos mais frequentes, sobretudo as extremas, acrescenta STROBL e ZUNIC (2006) citado por HARTMANN (2011).

---

## Capítulo II – Reflexão espacial e temporal sobre os eventos hídricos na cidade de Santa Cruz: cheias rápidas, inundações urbanas e galgamentos costeiros

---

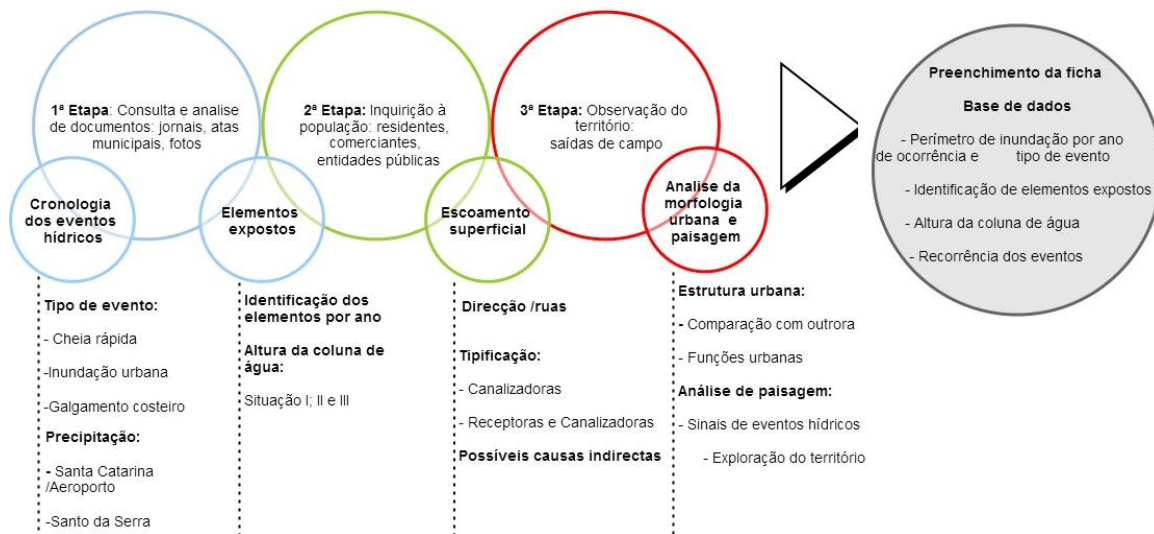


Fonte: José Monteiro e Sousa

## 2. Reflexão espacial e temporal sobre os eventos hídricos na cidade de Santa Cruz: cheias rápidas, inundações urbanas e galgamentos costeiros

### 2.1. Metodologia

A investigação de qualquer objeto de estudo pressupõe a definição de um procedimento de análise. Ao ter-se em atenção a problemática de partida da dissertação: qual a “frequência e vulnerabilidade de cheias rápidas e inundações na cidade de Santa Cruz?”, adotou-se como métodos de exploração: a análise de documentos, a inquirição à população residente e a observação do território (figura 7).



**Figura 7 - Esquema da metodologia adotada na dissertação "Frequência e vulnerabilidade funcional a cheias rápidas e inundações na cidade de Santa Cruz, Ilha da Madeira"**

A primeira etapa centrou-se na consulta e análise de documentos, obtendo-se a cronologia dos eventos hídricos associada aos valores de precipitação da estação de Santo António da Serra e de Santa Catarina/Aeroporto. Para além, da cronologia a documentação forneceu os elementos afetados de cada evento, porém essa informação era escassa. Esta ausência de informação como edifícios afetados e altura da coluna água atingida repercutiu-se em saídas de campo, onde realizou-se o contacto com o senso comum. Neste contacto foi possível a recolha de informação dos elementos atingidos, a identificação dos elementos expostos e a obtenção de algumas informações sobre o percurso do escoamento superficial, que se completou com a última etapa: a análise do território. Nesta etapa apenas realizou-se a observação da informação conseguida e testou-se quando possível a mesma.

### **2.1.1. Inventário: “Ficha de caracterização das áreas inundáveis” .**

O guia para a recolha de dados resumiu-se à ficha elaborada para esse efeito: “Ficha de caracterização das áreas inundáveis” (anexo 1), que correspondeu à tarefa do estágio curricular realizado na Camara Municipal de Santa Cruz (C.M.S.C.). A elaboração desta inspirou-se na ficha de GRAMANI *et al.* (2004) e SANTOS (2009), onde se averiguou a necessidade de obter para as áreas inundáveis as características do ponto de observação, dos elementos expostos e do curso de água; a existência de intervenções na área; e a identificação das áreas já afetadas.

A esta informação adicionou-se referência de CANTOS & AYALA-CARCEDO (2002); CUTTER, BORUFF, & SHIRLEY (2003); THOMALLA, DIWNING, SPANGER-SLEGFRIED, HAN, & ROCKSTROM (2006); WESTEN, CASTELLANOS, & KURIAKOSE (2008); e SANTOS (2009), que indicam que o levantamento histórico é o método de obtenção da frequência do evento. Tal advém da conclusão que altura máxima da coluna de água atingida num dado evento não permite o cálculo sobre o período de retorno. Sugerindo que a delimitação das áreas inundadas devem de ser fornecidas pelos eventos passados, uma vez que, a partir da sua frequência se obtém a probabilidade da mesma área ser afetada.

Para além da determinação da frequência é possível através da recolha histórica, tanto por documentos como por inquirição à população, adquirir-se os elementos expostos, a direção do escoamento superficial, os prejuízos e a altura da coluna de água em cada ponto inundável. Isto é, permite delimitar e caracterizar as áreas inundáveis (GRAMANI *et al.*, 2004; LASTRA, FERNÁNDEZ, DÍEZ-HERRERO, & MARQUÍNEZ, 2008; SANTOS, 2009).

Atendendo, à advertência de WESTEN *et al.* (2008) a caracterização das áreas inundáveis considera a mudança dos elementos urbanos, pois as consequências do passado não são as do futuro, devido às mudanças do uso do solo.

Para o cálculo da frequência das cheias, adotou-se a metodologia usada pelo Groupe Transversal Inondations (GTI). Segundo o GTI, quando não é possível o cálculo do período de retorno através de uma série de dados estatísticos, onde se inclui a precipitação e a altura que a água atingiu, deve-se recorrer às técnicas de observação, aos levantamentos de campo e à contabilização das ocorrências para a sua obtenção. Assim, adotou-se apenas a observação, da coluna de água e a contabilização da ocorrência, tendo resultado três categorias: baixa quando ocorre uma cheia no período

de dez anos; média quando se observa uma cheia de 10 em 10 anos; e alta quando se regista mais de que duas cheias em 10 anos.

Por tudo isto, assume-se que a presente análise de cheias e inundações para a cidade de Santa Cruz socorreu-se, essencialmente, do histórico dos eventos para a determinação da frequência, bem como, para a delimitação das áreas inundáveis.

Assim, a ficha elaborada na dissertação encontra-se dividida em seis secções. A primeira prende-se com a localização geográfica do ponto de observação, onde consta o nome, as coordenadas geográficas e a bacia hidrográfica em que se insere. Para simplificar a análise escolheram-se como pontos de observação as vias de comunicação, uma vez que, estas são os eixos estruturantes da morfologia urbana (anexo 5-28). Depois do preenchimento da localização segue-se a caracterização do curso de água mais próximo do ponto. Aqui os dados obtidos são a distância do ponto ao curso de água, como se encontra marginado e como se comporta o caudal deste, se é permanente ou sazonal.

Outro dado que surgiu como pertinente para o conhecimento pormenorizado do local foi a caracterização deste no âmbito das funcionalidades urbanas, isto é, quais os elementos que a via delimita. Para este efeito elaborou-se uma terceira secção onde é assinalada a caracterização do ponto de observação, no ano de estudo (2012/2013). Isto é, quer se saber se a área é constituída por espaço edificado (habitação, edifício público, comercio e serviços), vias rodoviárias (asfalto, paralelo, mista), espaços não construídos (campo agrícola, solo exposto, vegetação) e/ou se sofreu intervenções urbanísticas (pontes, travessias, canalizações). Esta caracterização foi realizada segundo os pontos cardeais dividindo a área em quadrantes (norte, este, sul, oeste).

Como a recolha de informação centrou-se em vias de comunicação, e atendendo ao estudo de MARAFUZ (2011), a quarta secção corresponde à função do ponto no escoamento superficial. Ou seja o objetivo é identificar as vias de comunicação que agem como via canalizadora ou recetora /canalizadora, sendo as praças, cruzamentos interpretados como pontos de divergência e/ou convergência.

De forma, a perceber as consequências dos eventos hídricos na área em estudo, realizou-se na presente secção a identificação de causas indiretas que o observador detetou no território tanto pela observação como pela inquirição da população residente.

A quinta secção corresponde à modificação da área circundante tendo presente os documentos descritivos e fotografias da cidade que permite perceber a alteração



efetuada pela expansão urbana. Ou seja, se alterou a vegetação ou o leito das ribeiras para edifícios públicos, privados ou para vias de comunicação.

Por fim, para se obter a cronologia dos eventos ocorridos realizou-se na sexta secção uma síntese do registo destes, onde é discriminado o tipo de evento (aluviação/cheia rápida, inundação urbana, inundação costeira) em cada ano de ocorrência. Exclui-se as cheias progressivas devido à informação prévia da torrencialidade das bacias hidrográficas madeirenses. Após a classificação do evento surge a informação sobre o registo ou não de escoamento superficial.

De forma a saber-se o real impacto do fluxo de água decidiu-se correlacionar a altura (quando possível obter) com o índice de precipitação<sup>4</sup> e com a altura das ondas, em caso de galgamento costeiro. Para a obtenção da altura da coluna teve-se em atenção três situações que se sucedem com os elementos urbanos (edifícios) na presente cidade. A primeira situação prende-se com a existência de edifícios que se encontram após o passeio, desta forma, contabiliza-se a altura do passeio, mais a soleira da porta mais a altura que a água atingiu dentro do elemento, conseguindo-se assim o total registado na via de comunicação. Já a segunda e a terceira situação possuem a ausência dos passeios, sendo a diferença entre elas a existência de soleira, como nos indica a figura 9.

A escolha dos pontos para a medição da altura da coluna de água, não foi pré-estabelecido, mas sim identificados segundo a informação proveniente do evento de 2010. Ou seja, apenas foram marcados nas saídas de campo.

A altura da água não foi realizada para todos os eventos apenas tendo-se tal informação relativa aos anos de 1956 e 2010.

Para o ano de 1956 a informação da coluna de água obteve-se através de fotografias da autoria de José Monteiro. A análise permitiu estabelecer um mínimo da altura da coluna de água. Ou seja, devido a ser um evento que ocorreu há 57 anos não se conseguiu obter a informação da medida de dentro do edifício apenas medindo-se a altura que as imagens demonstram.

Relativamente ao ano de 2010 as medidas correspondem à água efetiva nos locais após o evento, sendo estes dados fornecidos pelas vítimas de inundação.

Na interpretação da severidade do perigo de cheia, a altura da água, a GTI classifica como severidade baixa valores inferiores a 30 cm. Já se a coluna de água se

---

<sup>4</sup> Como a área em estudo possui cursos de água que iniciam noutras freguesias recorreu-se aos dados de duas estações meteorológicas, uma na cidade, estação de Santa Catarina (Aeroporto) e outra na freguesia onde se inicia o curso, Santo António da Serra

encontrar entre os 30 cm a 1.30 m o valor é de severidade média. Se for superior ao 1,30 a severidade é considerada alta. Contudo, esta classificação não traduz a realidade santa-cruzense, uma vez que, a coluna de água registada na maioria dos eventos hídricos não excede 1,00 m, observando-se apenas num evento altura de 2,00 m.

Assim, de modo à aplicar esta metodologia do GTI tanto nas cheias como nas inundações urbanas, adotou-se a classificação de SANTOS (2011), onde a severidade é baixa para valores inferiores a 40 cm, média entre 40 a 80 e elevada superior a 80 cm. Assim, substitui-se as classes definidas pelo GTI pelas de SANTOS (2011).

A informação da coluna de água em conjunto com a frequência do evento hídrico permite a determinação do perigosidade da área de inundação, como demonstra a (figura 8).

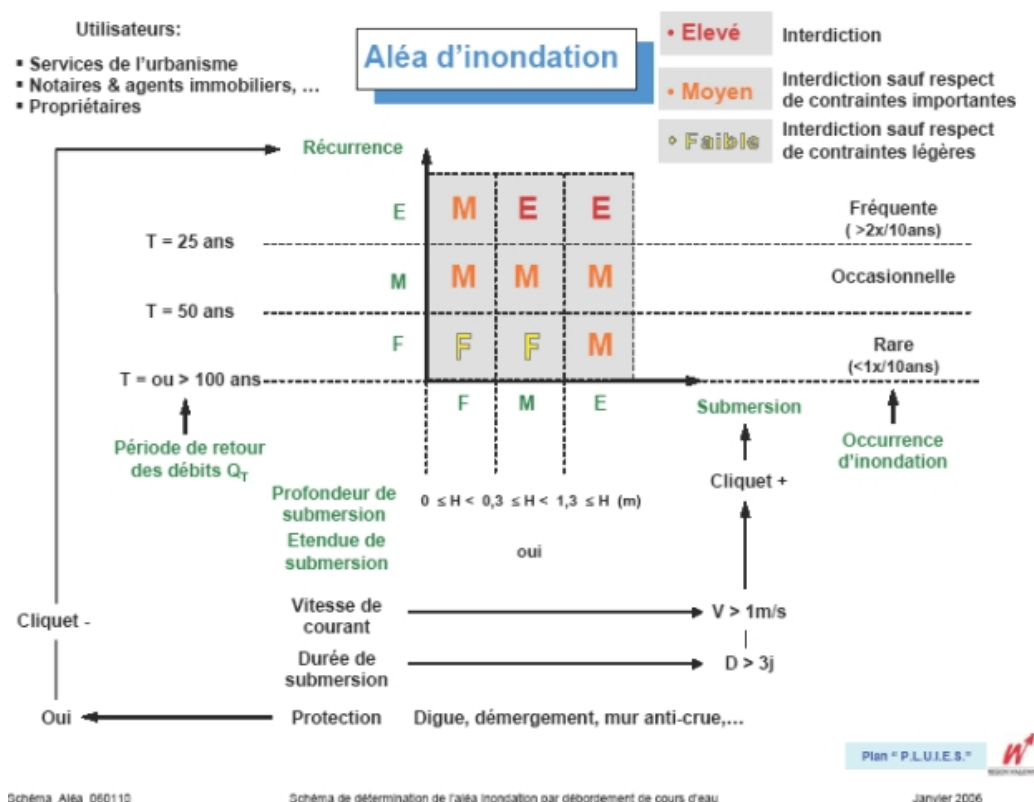


Figura 8 - Determinação da perigosidade de inundação, (GTI, 2013).

Segundo, o esquema desenvolvido pelo GTI afirma-se que as áreas com menor probabilidade de serem afetadas são aquelas que registam uma coluna de água inferior a 40 cm ou entre os 40 a 80 cm e registam um evento de 10 em 10 anos. Já possui probabilidade média as áreas que registarem um dos três cenários: a cota de água registada é inferior a 40 cm e a frequência do evento é ocasional ou frequente; a coluna

de água observa-se entre os 40 a 80 cm de água e ocorre um evento de 10 em 10 anos; a quantidade de água supera os 80 cm numa situação de 10 em 10 anos ou um evento em 10 anos. Por fim, a probabilidade elevada observa-se nas áreas com valores superiores a 40 cm e a frequência é superior a 2 eventos numa década.

Para completar a informação surge uma subsecção na ficha para a identificação dos elementos afetados segundo a sua função no sistema urbano. A classificação das funções restringe-se à habitação, infraestruturas (muros, pontes), vias de comunicação, estabelecimentos comerciais, equipamentos públicos, fornecimento público (água, luz), campos agrícolas e outros.

Ainda nesta secção reservou-se um campo para o preenchimento das fontes, indicando de onde proveio a informação da secção VI, podendo ser de três tipos de fonte: entidade pública (departamentos camarários, serviços de utilidade pública); privados (residentes, comerciantes) ou da documentação (Diário de Noticias e Jornal da Madeira, disponíveis no Arquivo Regional da Madeira.).

### **2.1.2. Pesquisa e produção cartográfica**

Face à existência de um catálogo dos episódios de aluviões na Ilha da Madeira para o período de 1611 a 2010 (FERNANDES, 2009; REGIMENTO DE GUARNIÇÃO N°3, 2010; SEPÚLVEDA, 2011;), a pesquisa restringiu-se às datas indicadas para o município. A publicação do Regimento de Guarnição N°3 identifica para o município de Santa Cruz os eventos de 1724, 1772, 1803, 1920, 1956, sendo completado com os anos de 1991, 1993, 1995, 1996, 1998, 2008, 2009, 2010 do inventário de SEPÚLVEDA (2011). A catalogação efetuada pelos autores citados foi sobretudo baseada na bibliografia madeirense de referência, ou seja, o Elucidário Madeirense (1984) e Ilhas de Zargo (1940). Sendo os meios de comunicação regionais a base para os eventos mais recentes. Contudo, a consulta desta bibliografia não satisfazia a exigência dos parâmetros da ficha, recorrendo-se à informação original publicada pelos meios de comunicação existentes na época. Assim, para o preenchimento secção VI recorreu-se a jornais, nomeadamente, ao Diário de Noticias da Madeira (1956-2010) e ao Jornal da Madeira (1956-2010).

Outros documentos foram consultados, tal como PIO (2001) onde se encontraram relatos de documentos hoje não disponíveis para consulta pública, como é o caso das Actas Municipais de 1842, inscrevendo-se um novo evento na cronologia. Também foi consultada a Acta Municipal de 6 de novembro 1956.



Figura 9 - Método de mediação da altura da coluna de água de eventos hídricos, na cidade de Santa Cruz.

De modo a compilar a informação dos eventos realizou-se uma tabela que reúne os relatos por evento onde se identifica a fonte, transcreve-se o relato e sintetiza-se a informação pertinente (anexo 2).

Para além da pesquisa nos meios de comunicação, recorreu-se à inquirição da população. Tal, realizou-se de forma espontânea e sem qualquer tipo de entrevista previamente estudada, apenas com intuito de obter a informação para a ficha. O contacto com a população visou principalmente a obtenção das marcas e cotas de água atingidas nos eventos recentes, bem como, a perceção da origem/circulação do escoamento superficial e quais as consequências da sua acumulação em certos locais.

Devido a falta de um registo epigráfico das cheias e inundações, os valores obtidos são relativos, uma vez que, detetámos situações de falsa informação, em parte, devido aos subsídios provenientes dos apoios à recuperação destes eventos, como sucederam em 2010.

Segundo o gráfico 1, os anos de 1956 e 2010 destacam-se pela quantidade de informação disponível possuindo-se material visual do evento, cedido por profissionais, as fotografias de 1956 do fotógrafo José Sousa Monteiro, e por residentes no evento de 2010. Os eventos de 2012 e 2013 não foram notícia nos meios de comunicação regionais, não existindo relatos deles apenas a observação. A inundação de 2012 e 2013 serviu ao observador como teste à informação recolhida no contacto com a população. É importante frisar que os anos que possuem apenas uma notícia do evento, por vezes breve, deve-se ao fato de se registarem eventos da mesma natureza, porém com severidade superior noutros municípios.

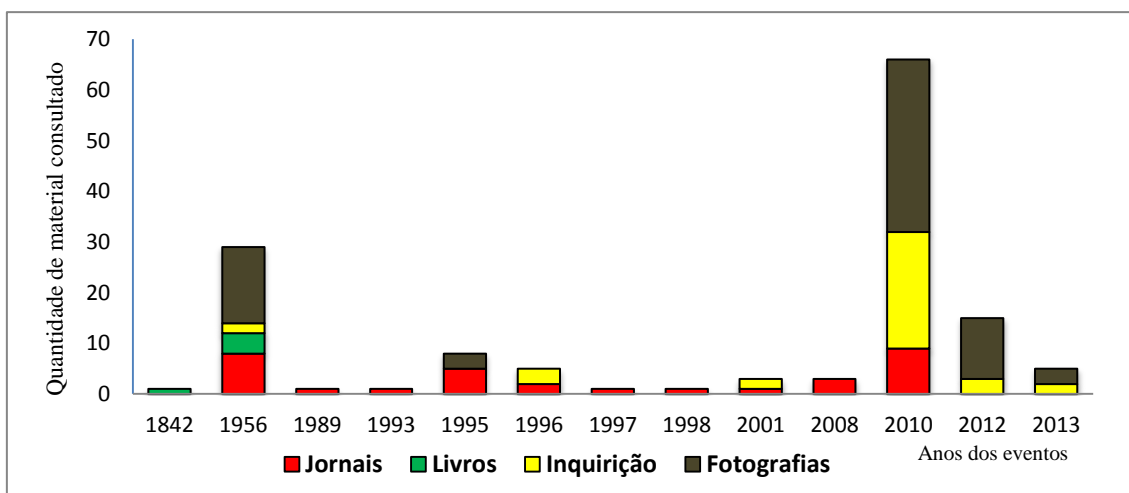


Gráfico 1- Quantificação da informação recolhida, segundo o ano e tipo de documento.

Após a compilação de informação procedeu-se à construção da base de dados geográfica no sistema informático ArcMap 10.1, onde se delimitaram os perímetros de inundação e se identificaram os elementos afetados, associando-se a informação complementar aos elementos desenhados (Anexo 3).

Devido à evolução da ocupação do território, na delimitação dos perímetros de inundação usaram-se quatro bases cartográficas distintas, aproximando a delimitação do perímetro à cartografia da época (quadro 4). Note-se que a produção cartográfica realizada por MORNA (2008), esclareceu alguns pormenores não visíveis nas plantas consultadas para os anos 1842, 1956 e 1989 a 1998.

Ano	Base cartográfica
1842	Planta “Fortes de Santa Cruz: São Fernando, Nossa Senhora da Graça, São Francisco”, Tenente Coronel António Pedro d’ Azevedo (1841) Planta “da Villa de Santa Cruz e dos Fortes de Nossa Senhora da Graça e de São Fernando”, Tenente Coronel António Pedro d’ Azevedo (1865)
1956	Plano de urbanização da cidade de Santa Cruz dos anos 60
1989	Base cartografia a base geometral de 1991
1993 /1995	Base cartografia a base geometral de 1991 + Piscinas municipais
1996/1997/1998	Base cartografia a base geometral de 1991 + Escola secundária e Avenida 2 de agosto de 1996
2001 a 2013	Cartografia 2010

**Quadro 4 - Bases cartográficas utilizadas para a delimitação do perímetro de inundação.**

Para os eventos do século XXI adotou-se a cartografia atual, elaborada em 2010. Esta decisão centrou-se no facto das grandes alterações urbanísticas se verificarem nos finais dos anos 90, com a construção da via rápida e embelezamento das áreas públicas de lazer, inauguradas essencialmente, nos anos de 2000 a 2002.

A falta de informação pormenorizada para alguns anos (1989, 1993, 1996, 1997, 1998, 2001 e 2008) refletiu-se nalguma imprecisão dos perímetros de inundação. Tal, deve-se aos relatos jornalísticos apenas se referirem ao “centro da vila”, concluindo-se que se referem ao centro funcional que corresponde à área delimitada pela ER207 (Avenida 25 de Junho). Outra opção tomou-se quando não há menção a ribeiras, colocou-se a hipótese que as ribeiras não transbordaram e apenas se registou uma inundação urbana. Esta afirmação é reforçada com o relato de residentes que culpam a insuficiência do escoamento da rede pluvial pelas diversas inundações da cidade de Santa Cruz.

Deste modo, quando não são referidos os estabelecimentos públicos, que em norma, são elementos de referência, excluem-se esses do grupo dos elementos expostos e, consequentemente, as ruas onde se localizam.

## 2.2. Enquadramento geográfico da cidade de Santa Cruz e bacias hidrográficas no município.

O município de Santa Cruz situado na costa sudeste da R.A.M. possui um território de 81,50 km<sup>2</sup> delimitado pelo concelho de Machico a oriente e pelo Funchal a ocidente (figura 10 A). A sua área administrativa compreende-se entre os 0 e os 1400 metros de altitude (figura 10B), o que reflete uma forte amplitude altimétrica entre as áreas litorais e as áreas de montanha. No que se refere às áreas litorais, estas registam valores entre os 0-50 metros de altitude que correspondem, em norma, às áreas terminais de cursos de água e entre os 50-100 metros, são marcadas, pela presença de arribas. Entre os 400-700 metros de altitude encontra-se uma área de transição, estando as áreas montanhosas acima dos 700 metros de altitude.

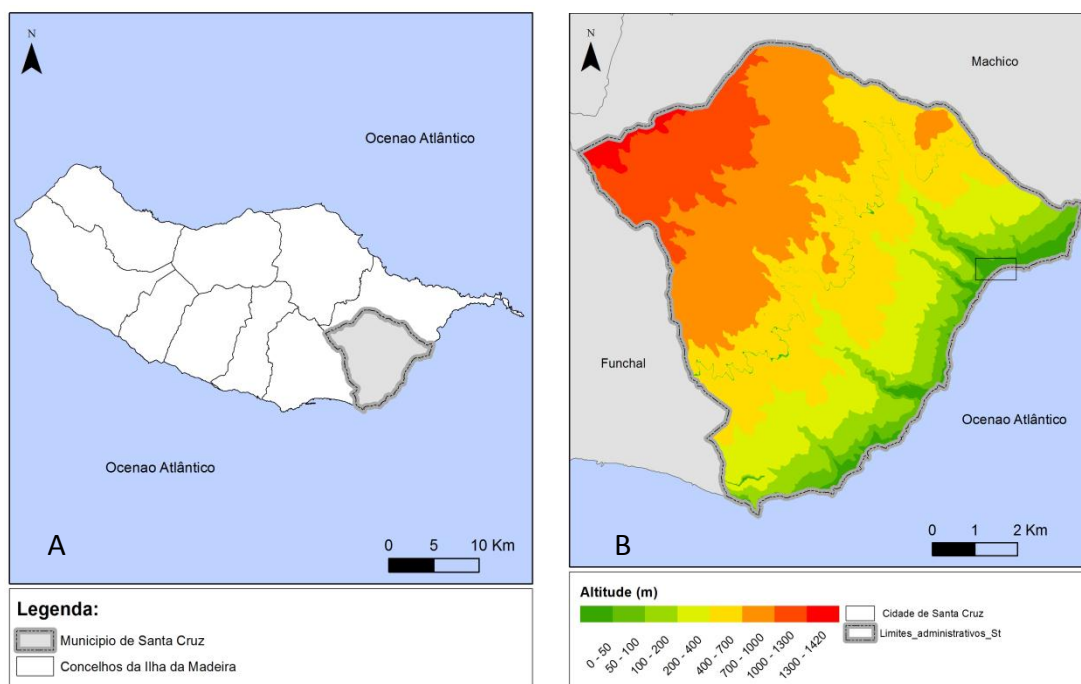


Figura 10- Hipsometria do município de Santa Cruz.

É no litoral, entre a foz da Ribeira de Santa Cruz e a foz da Ribeira da Calçada, que se implanta a sede concelhia, a cidade de Santa Cruz. A sua posição geográfica dita que se localize entre os 0 metros (fronteira com oceano atlântico) e os 50 metros de



altitude (Rua da Ribeira). Tal localização traduz-se em declives insignificantes na área urbana (figura 11A), sendo as áreas mais íngremes as dos vales das ribeiras que atingem declives superiores a 35° (figura 11B).

Em termos geológicos, o município é constituído predominantemente pelas erupções vulcânicas mais recentes. Ou seja, é formado pelo Complexo Vulcânico Superior da Unidade dos Lombos (CVS 1), nas zonas altas e pelo Complexo Vulcânico Superior da Unidade do Funchal (CVS 2), nas áreas intermédias e litoral. É no litoral que ocorre os rasgões de materiais advindos de aluviões, de depósitos de vertente e coluviões ou de depósitos de massa, figura 12.

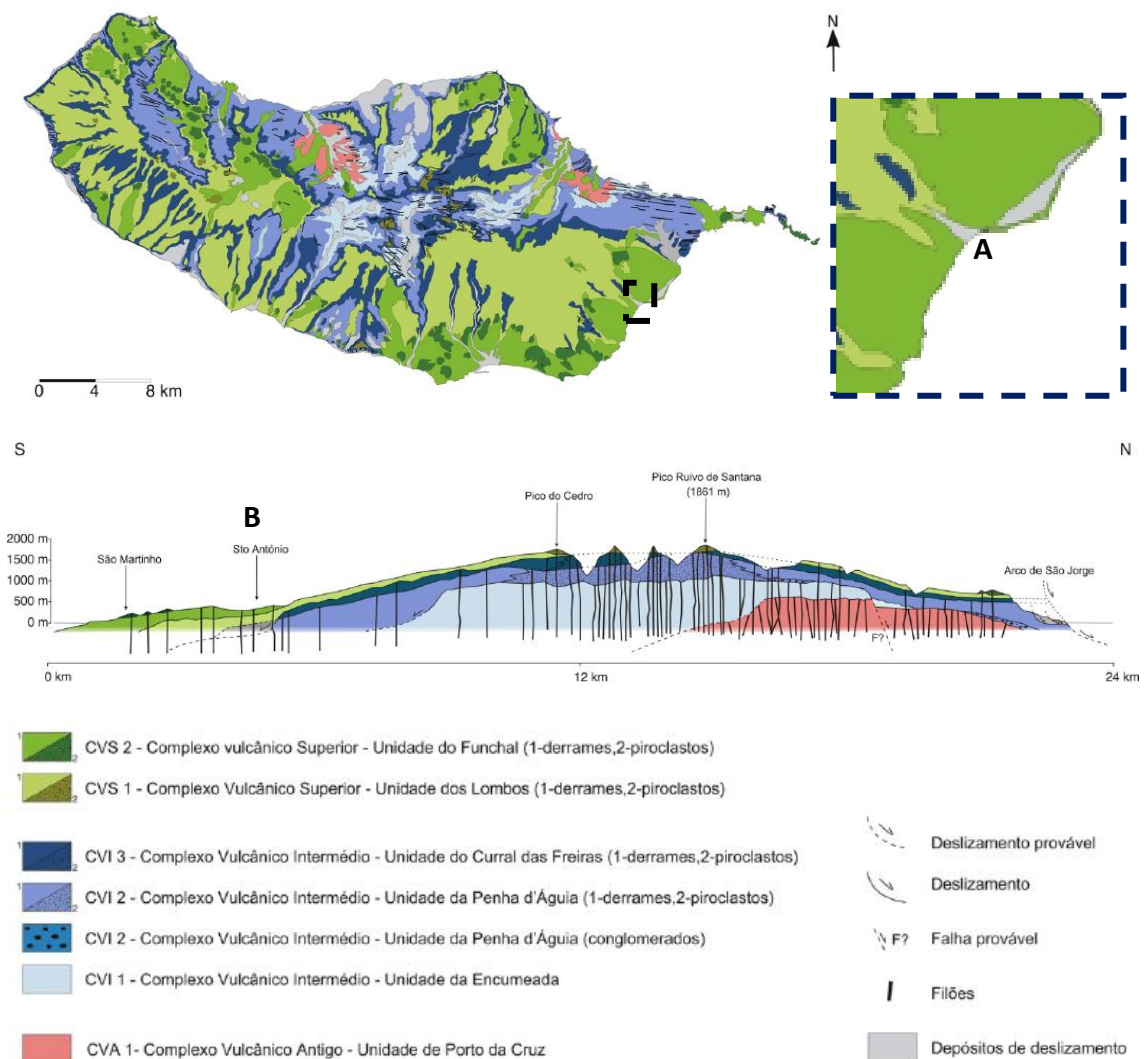


Figura 11 - (A) Cidade de Santa Cruz fronteira com o oceano atlântico; (B) Área a montante da cidade de Santa Cruz, vale da Ribeira de Santa Cruz.



De uma forma geral, o CVS 1 é composto nas zonas altas por interflúvios aplanados ou com pouca inclinação, já «nas vertentes a topografia caracterizava-se por vertentes planas inclinando, com declives variáveis, em direcção ao litoral, parte destas superfícies ainda se encontram bem preservadas nos topos de interflúvios, sendo designadas por “lombadas”» (SILVEIRA *et al.*, 2010:17).

A Unidade do Funchal (CVS 2) caracteriza-se por ser uma fase de pós-erosão, onde definiram-se em grande parte os vales da Ilha da Madeira. Em norma é composta por manifestações basálticas e por traquitos. Tal reflete-se numa área mais permeável devido a ser mais jovem (SILVEIRA *et al.*, 2010).



**Figura 12- Carta geológica recente da Ilha da Madeira (SILVEIRA *et al.*, 2010): A – Cidade de Santa Cruz, B – Santo António da Serra.**

Na Ilha da Madeira a maioria dos cursos de água possui uma cobertura aluvionar, registando-se por vezes no sopé das vertentes (áreas aplanadas) sedimentos oriundos de aluviões. Exemplo, desta situação ocorre no Santo António da Serra

(SILVEIRA *et al*, 2010), freguesia onde nasce a Ribeira de Santa Cruz. Estas características associadas à altitude (índice pluviométrico de 1600 mm a 2000mm anual) torna a localidade do Santo António da Serra uma área importante na recarga de aquíferos.

A área de estudo, a cidade de Santa Cruz, encontra-se sobre os materiais sedimentares de origem fluvial caracterizados por serem “ *muito heterométricos e com grau de rolamento variado, frequentemente contendo blocos rolados ou sub-rolados de dimensão métrica a centimétrica e areias grosseiras* ” (SILVEIRA *et al.*, 2010:26).

Os solos predominantes neste concelho, segundo a Carta dos solos da Ilha da Madeira de 1992, correspondem aos andossolos e localizam-se sobretudo nas áreas altas do concelho. Este tipo de solo caracteriza-se pela sua textura fina e pela elevada presença de limo, o que lhe confere uma elevada porosidade, que associada a sua localização (zonas altas), faz deste um solo permeável. Ou seja, possui uma boa drenagem interna e é resistente à erosão hídrica. Na área do litoral encontram-se, essencialmente, cambissolos advindos em norma de depósitos coluviais, aluvião ou eólica. Na sua composição está presente a argila e o limo, traduzindo-se numa elevada porosidade, ou seja, possui uma boa capacidade de retenção de água. O mesmo sucede-se nos phaeozems solos que se encontram na área do vale da Ribeira de Santa Cruz e a ocidente da cidade do mesmo nome.

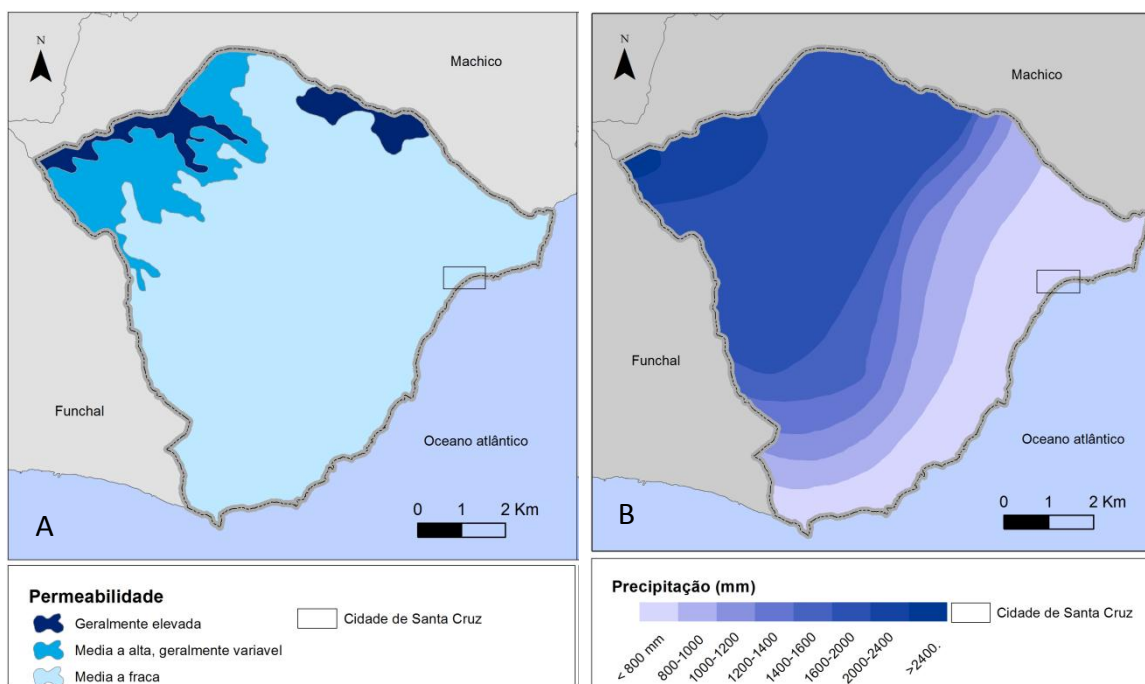


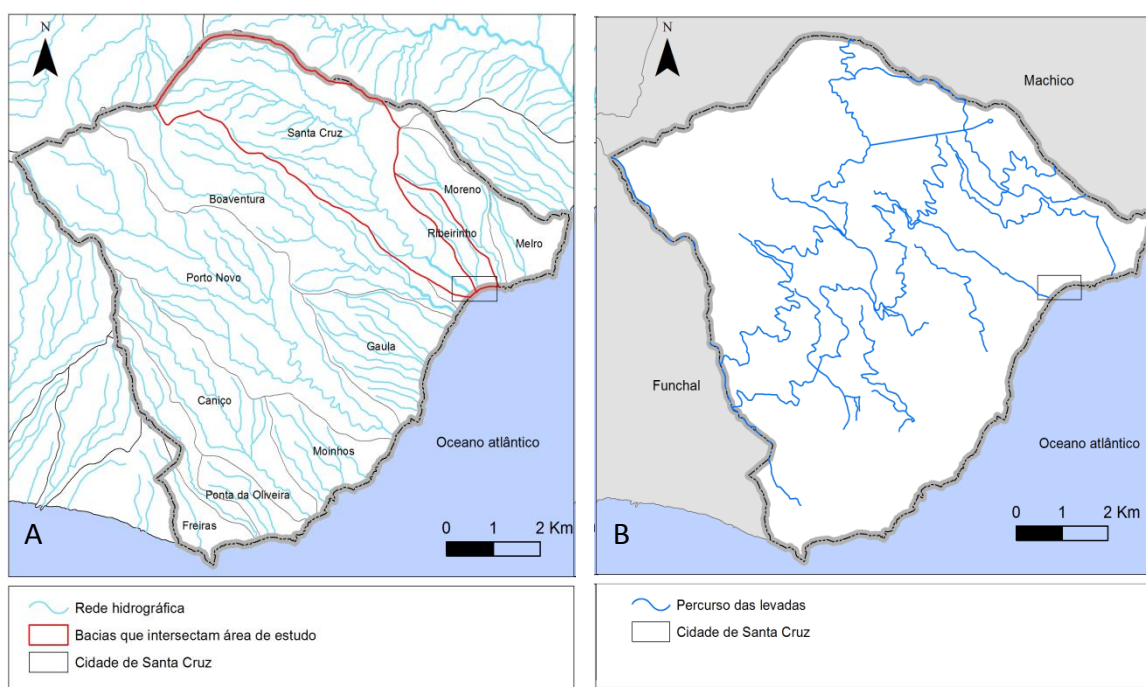
Figura 13 - Caracterização física do município de Santa Cruz: A - Permeabilidade; B - Precipitação

Para além dos solos mencionados observa-se manchas de terreno acidentado que em norma correspondem aos vales dos cursos de água principais.

Assim, o concelho é constituído sobretudo por solos francos, onde existe o predomínio de limo e a areia. Na área litoral, isto é, em Santa Cruz e no Porto Novo, predomina o solo limo-siltoso. Nos terrenos mais acidentados, regista-se uma ausência do solo ou o que existe é composto por camadas muito finas.

Tudo isto resulta numa permeabilidade do concelho média a fraca traduzindo-se numa produtividade moderada dos aquíferos. No extremo do concelho localiza-se a área mais permeável (figura 13A), onde ocorre o maior valor de precipitação (figura 13B) e nascem os principais cursos de água do município.

A rede hidrográfica (figura 14 A) do território em estudo inicia-se no extremo do concelho caracterizando-se por ser perpendicular à linha de costa (cabeceiras no quadrante norte e foz a sul). Devido a formação geológica sabe-se que é uma rede jovem, logo, com uma grande capacidade de transporte que associada aos fortes declives transforma as bacias hidrográficas propensas a eventos de cheias rápidas.



**Figura 14 – Hidrografia do município de Santa Cruz, rede hidrográfica (A) e levadas (B).**

Duas das bacias que possuem suscetibilidade natural à ocorrência de cheias no município são: a de Santa Cruz e a da Calçada, como consta na história do município.

Segundo, o quadro 3, a densidade de drenagem dos cursos de água intermitentes da B.H. de Santa Cruz é de  $3,03 \text{ km/km}^2$  e da Calçada de  $3,74 \text{ km/km}^2$ , valores que nos

indicam que as bacias hidrográficas são bem drenadas. Logo, favorecem o escoamento e não a infiltração, refletindo-se numa rápida intrusão da água provinda de um episódio de chuva no curso principal.

No que se refere à forma das bacias hidrográficas, ambas possuem uma forma alongada como indica o factor forma de 0,13 para a bacia da Ribeira de Santa Cruz e de 0,18 para a bacia da Ribeira da Calçada. Deste modo, sabe-se que a possibilidade de toda a área de drenagem sofrer no mesmo momento um episódio de precipitação intensa é diminuta. Outro índice que se prende com a possibilidade de cheias nas bacias hidrográficas é o Índice de Gravelius ou Coeficiente de Compacidade.

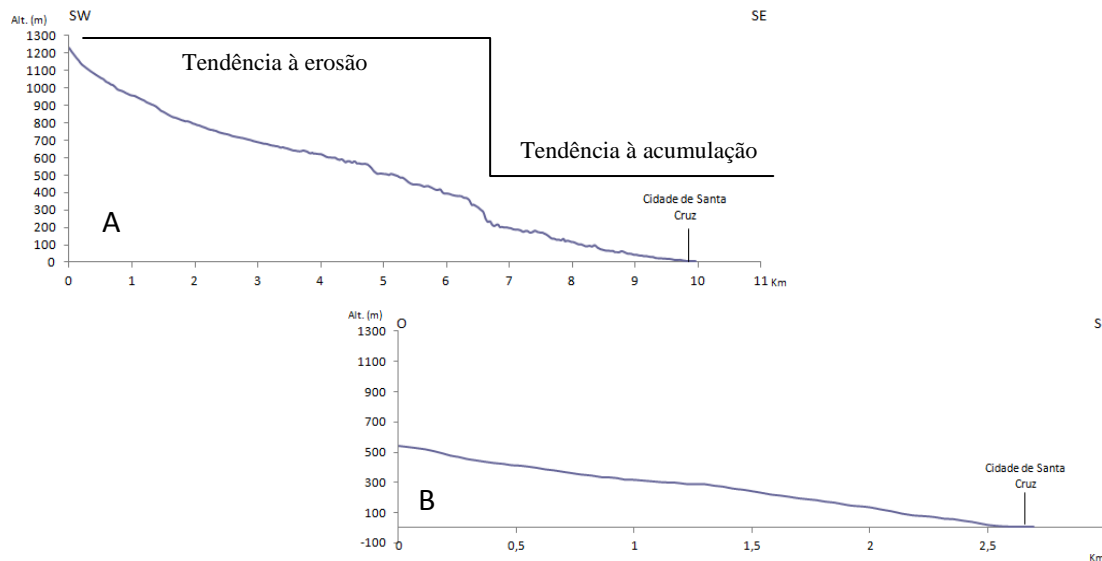
Indicadores Físicos		Santa Cruz	Calçada.
Geometria	Área (Km <sup>2</sup> )	<b>12,85</b>	1,31
	Perímetro (km)	19,3	7
	Factor Forma	0,13	<b>0,18</b>
	Índice de Gravelius	1,52	<b>1,71</b>
Rede de Drenagem	Hierarquia Strahler	<b>4</b>	2
	Densidade de drenagem (Km/Km <sup>2</sup> )	3,08	<b>3,74</b>
	Comprimento do curso mais longo (Km)	10	2,7
	Total dos comprimentos de água (km)	<b>38,9</b>	4,9
	Percurso médio do escoamento superficial (km)	0,08	0,07
Relevo	Altitude máxima (m)	1225	552
	Altitude mínima (m)	32	136
	Amplitude altimétrica (m)	1193	416
	Índice de rugosidade	3671,50	1556,03

**Quadro 5- Análise quantitativa dos factores físicos das bacias hidrográficas da área em estudo.**

Para as bacias em estudo os valores deste índice são superiores a unidade, entre os 1,52 (Santa Cruz) e o 1,71 (Calçada). Assim, as bacias hidrográficas não encontram-se muito sujeita a cheias, uma vez que, a área de drenagem não está a contribuir de uma só vez para a ocorrência, pois o episódio chuvoso em norma, concentra-se no tempo e no espaço.

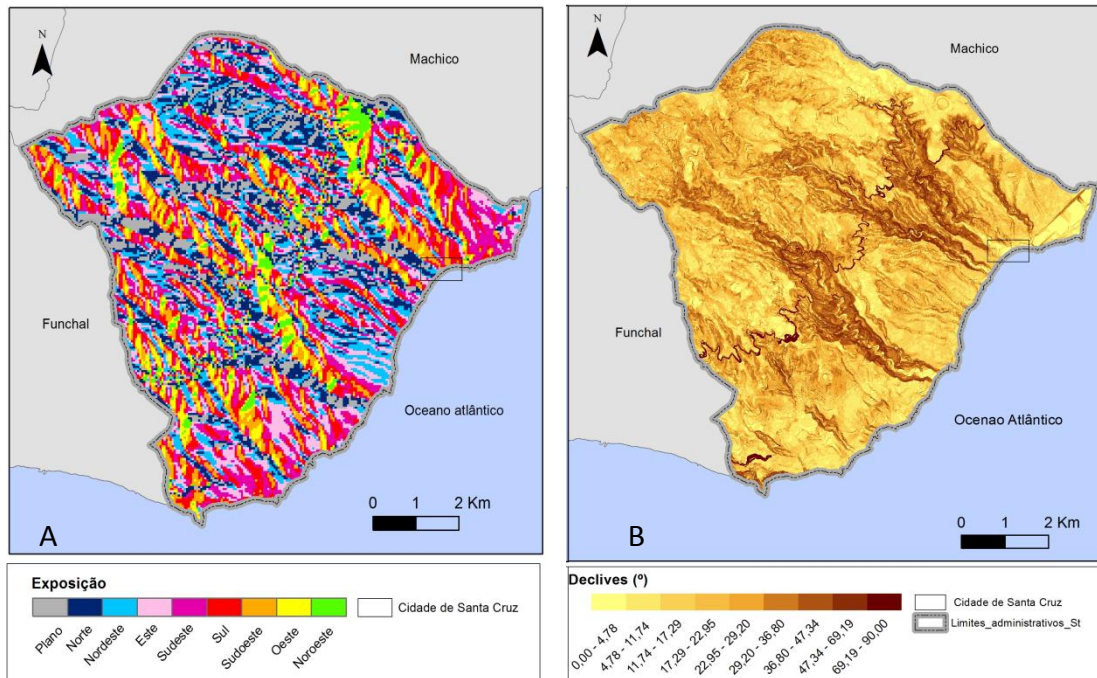
A esta informação adiciona-se a caracterização orográfica que permite afirmar que a B.H. de Santa Cruz, com uma amplitude altimétrica de 1193 metros e um índice de rugosidade de 3671,50, é a mais acidentada e com maior inclinação, traduzindo-se numa menor infiltração e num escoamento superficial mais rápido. Assim, apresenta-se com maior capacidade de transporte de materiais (figura 15 A).

A figura 15 demonstra, que a Ribeira da Calçada possui uma menor inclinação do que a Ribeira de Santa Cruz, facto explicado pelo seu curto comprimento. O mesmo se sucede com a dimensão da bacia que é reduzida, o que se traduz numa rápida chegada precipitação aos cursos de água.



**Figura 15 - Perfil longitudinal: (A) Ribeira de Santa Cruz, (B) Ribeira da Calçada.**

Já a Ribeira de Santa Cruz, possui maior comprimento. A inclinação desta, por se assemelhar a da Ribeira de Machico analisado por CARVALHO (2004), caracteriza-se por inicialmente possuir uma maior erosão fluvial com tendência acumulação na cidade de Santa Cruz.



**Figura 16 – Exposição de vertentes e declividade no município de Santa Cruz**

No que se refere à exposição das vertentes, predominam no município, as vertentes voltadas a Este e a Sudeste (figura 16A). Porém, nas bacias hidrográficas interseccionadas pela área de estudo não se verifica a mesma situação. Na bacia hidrográfica



de Santa Cruz predomina as vertentes voltadas a Norte e a Nordeste, que apresenta de uma forma geral uma vegetação mais densa e de grande porte. Segundo a carta do uso dos solos de 2007 corresponde a florestas e meios naturais ou seminaturais. Nas demais vertentes encontra-se sobretudo espaços agrícolas ou agroflorestais, como é demonstrado na figura 17. Assim, em episódios de precipitação a cobertura vegetal das vertentes comporta-se como “*esponja*”, diminuindo a quantidade de água disponível para escoamento superficial. Contudo, devido às vertentes próximas ao curso de água principal possuírem forte declive (em norma a cima dos 35°) ocorre uma menor infiltração e verifica-se um aumento do escoamento superficial. Por fim, quando existe uma saturação do solo após vários episódios chuvosos ocorre os movimentos de vertente, que alimentam o caudal da ribeira, tornando-o num caudal sólido.



**Figura 17 – Vertentes da Ribeira de Santa Cruz: (A) - vertente voltada a Norte predomina a floresta como cobertura; (B) - vertente exposta a Sudoeste ocupada por áreas agrícolas.**



**Figura 18 - Vertente exposta a sudoeste da bacia hidrográfica da Ribeira da Calçada, marcada pela presença de área agrícola abandonada e tecido urbano.**

Já a bacia hidrográfica da Ribeira da Calçada caracteriza-se pelas suas vertentes possuírem declives inferiores a 30 °, predominando as vertentes expostas a Sudoeste e a Sudeste. Como verifica-se na bacia hidrográfica da Ribeira de Santa Cruz as vertentes expostas ao quadrante sul possuem uma cobertura, essencialmente, agrícola (figura 18). Deste modo, espera-se que a retenção das águas advindas da precipitação, com níveis ditos normais, seja realizada sem se registar escoamento superficial. Mas este tipo de cobertura nas vertentes pode suscitar problemas, nomeadamente, queda dos muros de suporte dos socacos (em caso de falta de manutenção e abandono agrícola) que origina uma fonte de material para os cursos de água, como sucede-se noutras localidades da ilha (CARVALHO, 2004).

Conclui-se que a bacia hidrográfica da Ribeira de Santa Cruz e da Ribeira da Calçada não são suscetíveis a cheias em toda a sua extensão, contudo possuem perigo. O perigo encontra-se associado à amplitude altimétrica que se traduz num rápido escoamento superficial e aos episódios de precipitação intensa concentradas no tempo e no espaço. Assim, as cheias, em norma, ocorrem nas áreas deprimidas e a jusante do curso de água, *i.e.*, na cidade de Santa Cruz.

Para além dos cursos de água, na Ilha da Madeira, existem as levadas, elemento importante nos eventos hídricos, uma vez que, quando excedem a sua capacidade também transbordam, constituindo outra fonte do escoamento superficial. O município possui uma extensão de 101,51 km de levadas (figura 14B). A cidade de Santa Cruz é apenas intersectada por uma que possui como percurso a direção da Rua do Moreno.

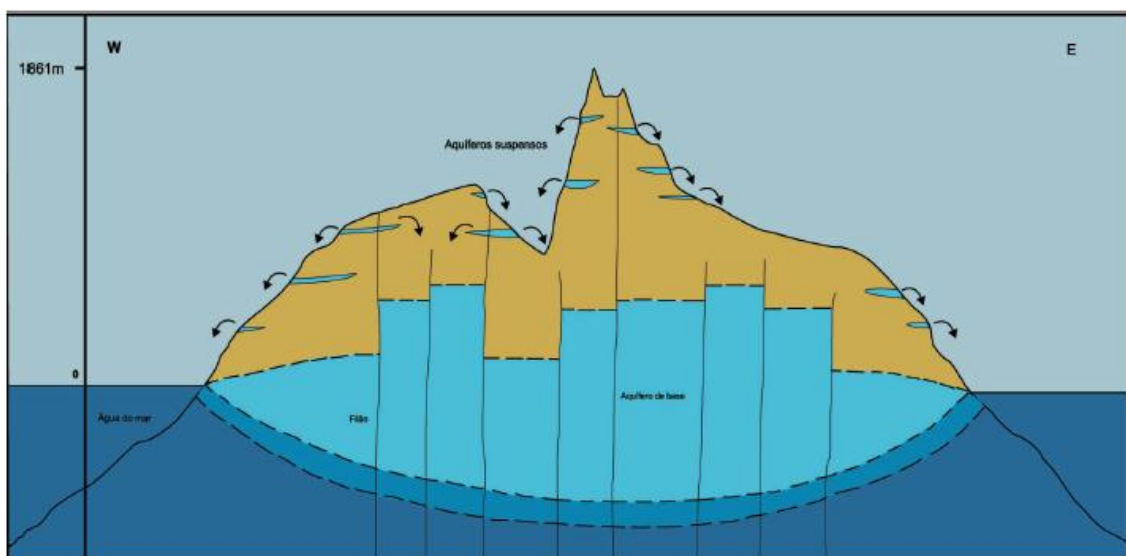
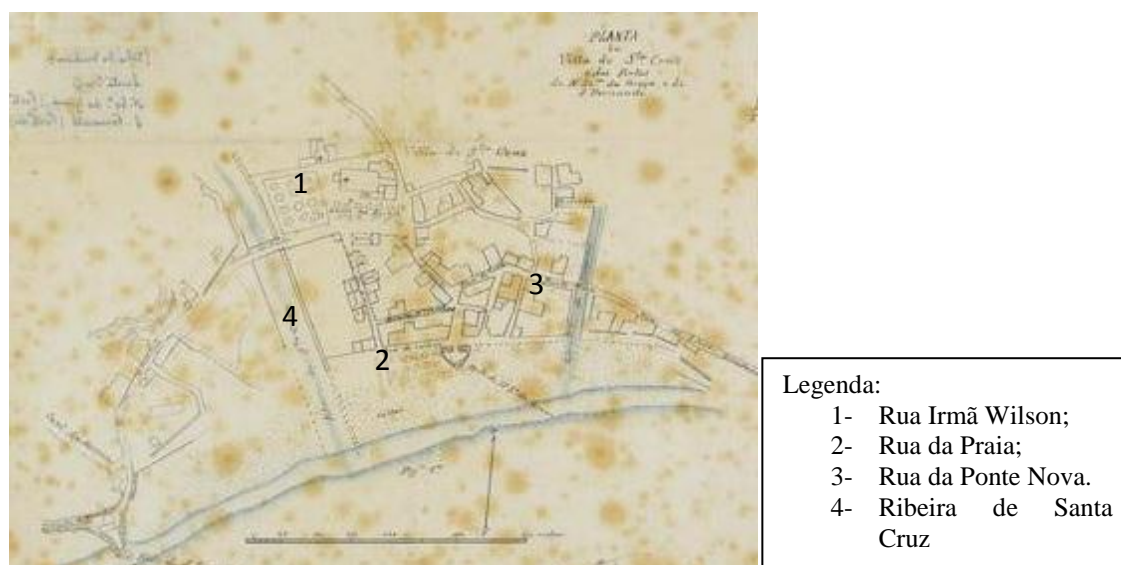


Figura 19- Modelo hidrológico conceptual para a Ilha da Madeira (PRADA *et al*, 2003)

Outro aspeto a ter-se em atenção no presente território é a presença do oceano atlântico, cuja cunha salina penetra de forma subterrânea até á Igreja Matriz (R. Irmã Wilson) na cidade de Santa Cruz, como afirma o Engenheiro Roberto Moura<sup>5</sup>. A explicação de tal facto pode ser encontrado no modelo hidrológico produzido por PRADA *et al.* (2003) onde é possível visualizar os tipos aquíferos existentes na Ilha da Madeira (figura 19). O modelo demonstra dois tipos de aquíferos: os suspensos e os de base. Os suspensos refletem-se em norma em nascentes, sendo os seus caudais dependentes do comportamento dos anos hidrológicos. Já o segundo tipo de aquífero corresponde ao da base, que é constituído pela água doce que se encontra sobre a água salgada (SILVEIRA *et al.*, 2010). Assim, sabe-se que quando ocorre máximos de precipitação origina-se as cheias rápidas. Outra conclusão é de quando o aquífero de base possui uma diminuição da água doce a água salgada ocupa os espaços vazios, levando com que água salgada penetre no território. Desta forma, quando ocorre agitação marítima as águas sobem, sucedendo-se inundações nas caves, como sucede-se na cidade de Santa Cruz.

Para além das singularidades do filtro geográfico do território é importante caracterizar o tecido urbano da cidade que se desenvolveu a partir de 1425.

A partir desta data e dada a importância económica do local, a povoação começou a crescer tendo já o seu núcleo urbano definido em 1842, como demonstra a planta militar de Tenente Coronel António Pedro d' Azevedo, figura 20.



**Figura 20 - Planta militar da Vila de Santa Cruz (1842) do Tenente Coronel António Pedro d' Azevedo, (Instituto Geográfico do Exército).**

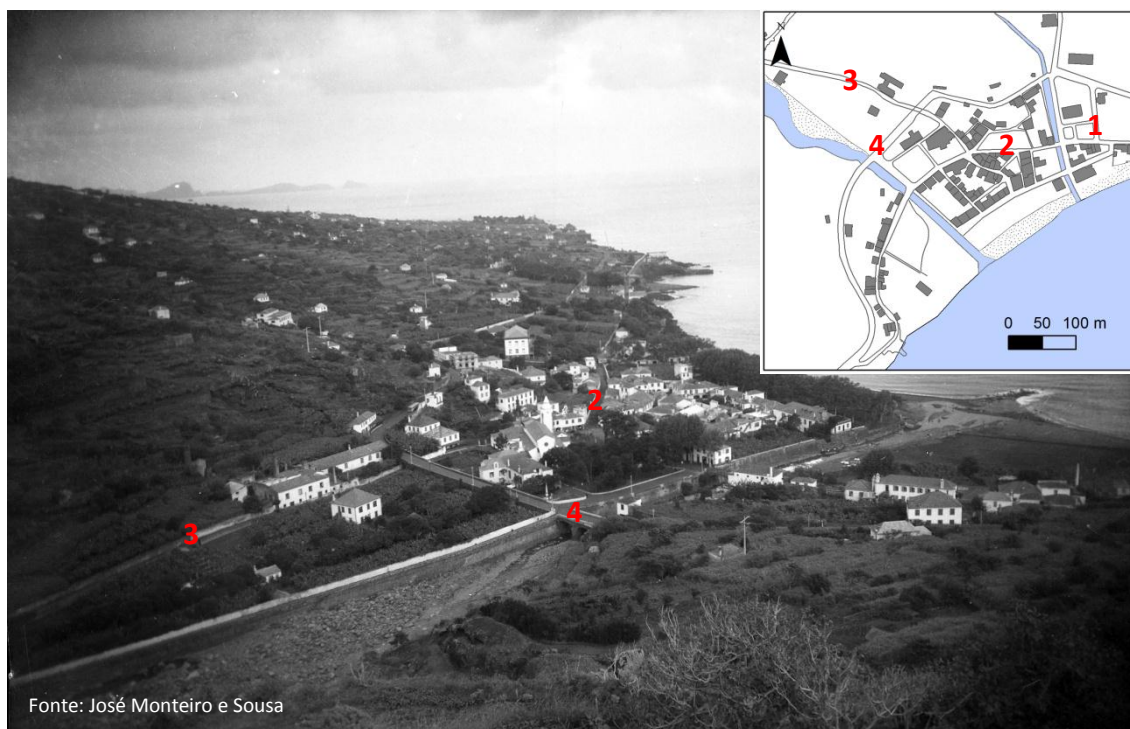
<sup>5</sup> Funcionário da C.M.S.C. do departamento de Proteção Civil e Ordenamento do Território.



O referente núcleo delimitava-se pela Rua Irmã Wilson, Rua Ponte Nova, Ribeira de Santa Cruz e Rua da Praia. Com o aumento da população, o aglomerado populacional expande-se para as encostas, tendo como eixos estruturantes as vias de comunicação principais: R. São Fernando- R. 17 de Julho de 1876- R. Cónego Alfredo Oliveira – R. da Ponte Nova – R. Bela de São José; R. do Bom Jesus e R. da Calçada (MORNA, 2008).

Tal conjuntura leva a que se encaminhe para as encostas a prática agrícola. Porém, como as encostas eram desprovidas de solo foi necessário a intervenção humana, criando socacos e preenchendo com solo retirado doutras áreas (RIBEIRO, 1985; PIO, 2001; NEVES, 2010). Esta alteração paisagística conferiu uma enorme suscetibilidade das encostas aos movimentos de vertente durante os episódios chuvosos, pois é necessário vigiá-las e reparar as fendas após as chuvas, de forma a não ruírem (CARVALHO, 2004).

O crescimento económico e a necessidade de circulação incrementaram a melhoria da rede viária criando-se novas vias, exemplo, disso é a Estrada da Terça em 1850 que ligou Santa Cruz ao Santo da Serra (MORNA, 2008).

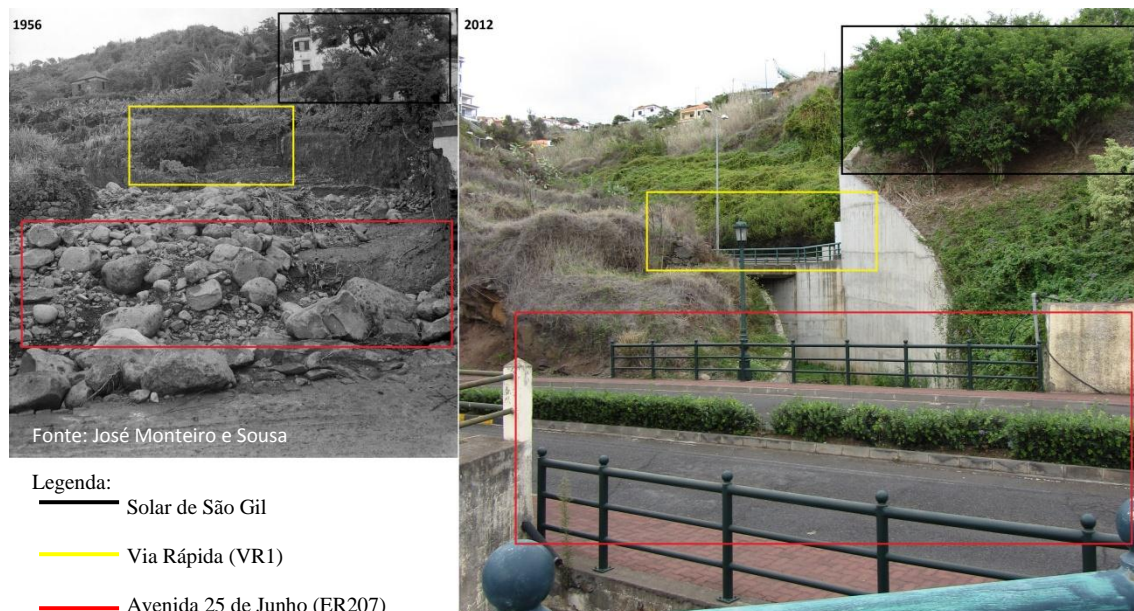


Legenda: 1 : Rua do Tribunal; 2 – Rua Dr. José Barros e Sousa; 3 – Rua Bom Jesus; 4- Avenida 25 de Junho (ER207)

**Figura 21 - Área urbana da cidade de Santa Cruz em 1956 (fotografo José Sousa Monteiro).**

Em 1956, o núcleo urbano da cidade de Santa Cruz apresentava novos elementos, como são exemplos, a Rua Dr. José Barros e Sousa e a Rua do Tribunal (nome atribuído devido ao novo elemento urbano), figura 21. Esta definição da malha urbana do centro funcional perdura até atualidade.

Os anos 90 do século XX marcam-se pela expansão do espaço urbanizado para o interior incrementado pelo projeto e construção da via rápida, que segundo MORNA (2008) permitiu a unificação da cidade outrora descontinuada pelo traçado da Estrada Regional 207 (Avenida 25 de Junho). Esta nova infraestrutura acarretou uma mudança de paisagem, nomeadamente na bacia hidrográfica da Ribeira da Calçada, como demonstra a figura 22. Na evolução de 1956 para 2012 regista-se um afunilamento da ribeira e introdução de novos elementos sobre a mesma.



**Figura 22 - Evolução da área da Ribeira da Calçada na cidade de Santa Cruz.**

Em 1996 inicia-se a construção da Escola Secundária de Santa Cruz e da via adjacente, a Avenida 2 de Agosto de 1996, que se localiza na margem direita da Ribeira de Santa Cruz, originando um novo eixo estruturante da expansão urbana.

A evolução registada na figura 23 da área da Ribeira de Santa Cruz desde 1851 (*Pintura de Susan Harcourt do solar de Bom Jesus*) até 2012/2013 permite concluir que a ribeira sofreu ações de delimitação e estreitamento, sendo construído no seu leito maior equipamentos.



**Figura 23- Evolução das margens da Ribeira de Santa Cruz onde é visível a intensa expansão urbana.**

A carta de ocupação do solo de 1997 (figura 24A) demonstra que a área administrativa de Santa Cruz correspondia maioritariamente a florestas, meios naturais e seminaturais, localizando-se no litoral e na área entre os 400 a 700 metros de altitude as áreas urbanas. Este padrão de ocupação perdura ainda hoje, porém com uma intensificação das áreas urbanas e agrícolas.

Ao pormenorizar-se a escala de análise para as bacias hidrográficas verifica-se que a de Ribeira de Santa Cruz era constituída por 78 % de florestas (essencialmente quadrante norte da bacia), 12% por espaços agrícolas e 10% por espaço urbanizado. Já na bacia da Ribeira da Calçada, em 1997, predominavam os espaços agrícolas com 40% da área total, sendo ocupada por floresta 38% , e os restantes 22% correspondiam a área urbana.

Quando analisada a cidade de Santa Cruz, em 1997, afirma-se que o núcleo urbano definiu-se até a Avenida 25 de Junho (ER207), existindo manchas de aglomeração urbana entre a Avenida 2 de Agosto de 1996 e a Rua Dona Mécia.

Em 2007, esta mancha urbana expande-se e consolida-se ao longo da Rua da Ribeira, Rua Dona Mécia e Avenida 2 de Agosto, figura 24B.



Ao traduzir-se a presença da área urbana nas bacias hidrográficas sabe-se que a área de drenagem da Ribeira da Calçada é a que possui maior índice de espaços artificializados, correspondendo, a 34% da bacia hidrográfica em 2007 (figura 25B,b).

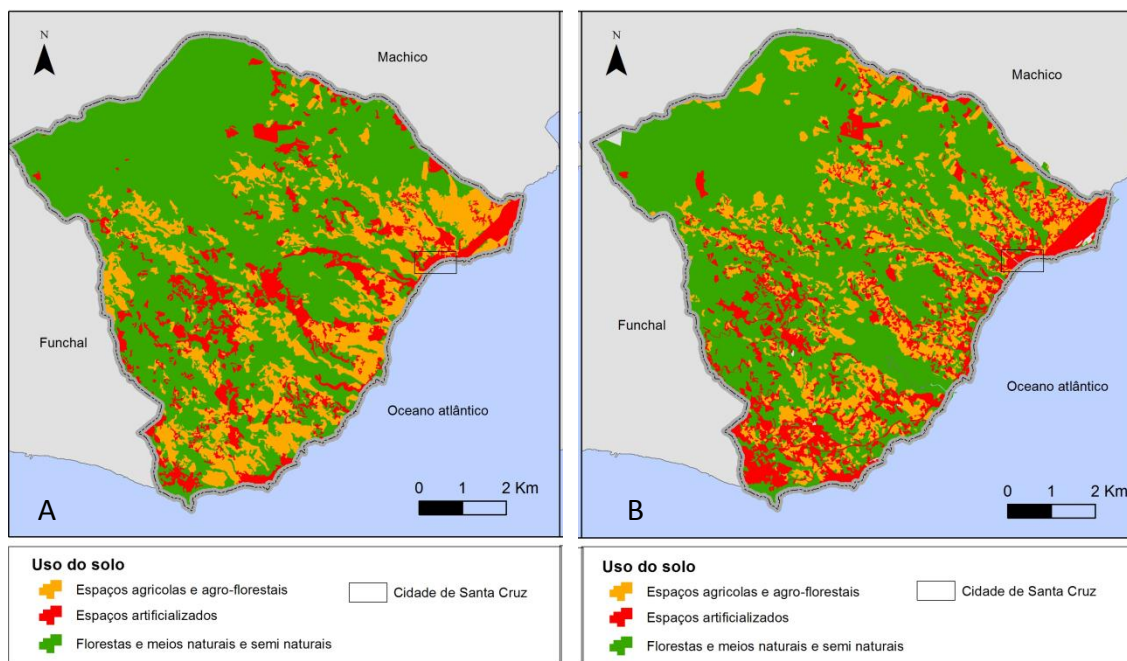


Figura 24- Carta do uso do solo de 1997 (A) e de 2007 (B), SRA.

Na evolução da ocupação do solo nas datas indicadas, figura 25A, observa-se a estagnação da área urbana na B.H. de Santa Cruz e o aumento das áreas com função agrícola, porém continua a ser maioritariamente ocupada por floresta. Já na da Calçada existiu uma diminuição desta função em detrimento do crescimento urbano, que aumentou 12 pontos percentuais.

Note-se que, em 1997, as cabeceiras dos cursos de água (áreas montanhosas) eram ocupadas por floresta, afirmando-se que num cenário de precipitação intensa e concentrada estas eram as principais fontes de material (troncos de grande porte) para o caudal sólido das ribeiras. Ao longo do trajeto eram e são alimentadas com movimentos de vertente, aumentando o fluxo hiperconcentrado que desagua nas áreas urbanas (fz). Contudo em 2007, a situação inverteu-se, na Bacia da Calçada, e as cabeceiras dos cursos de água tornaram-se áreas agrícolas e urbanas. Tal indica que, possivelmente, registar-se-á maior quantidade do fluxo superficial nesta bacia do que na de Santa Cruz.

Conclui-se que a localização da cidade de Santa Cruz (área deprimida em relação á área envolvente) e a respetiva ocupação do solo confere à cidade maior susceptibilidade para a reunião de escoamento superficial que não é absorvido ao longo

do percurso efetuado, uma vez que o escoamento se faz por vias de comunicação que são marginadas por área urbana, sobretudo na bacia hidrográfica da Ribeira da Calçada. Já a bacia hidrográfica de Santa Cruz não fornece escoamento superficial pela área classificada como urbana, mas sim pelo elevado declive da superfície.

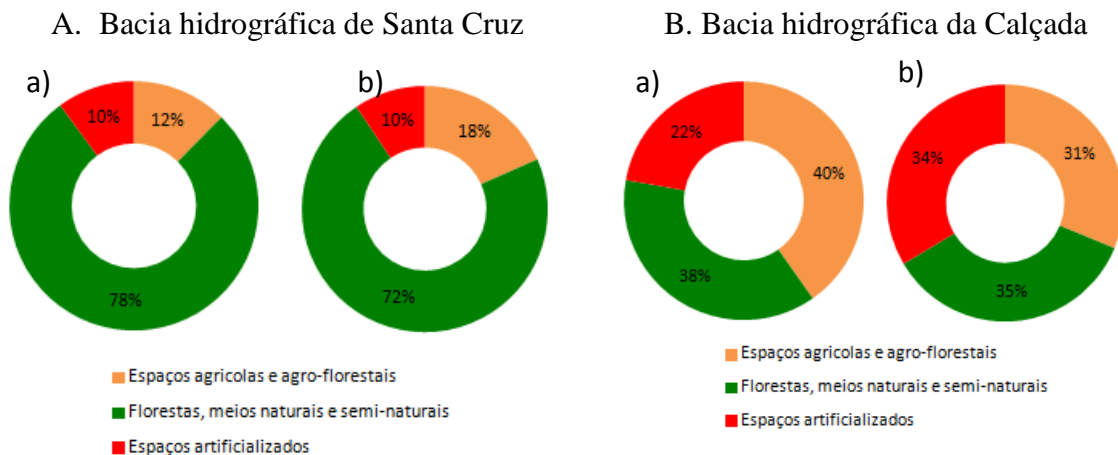


Figura 25- Evolução da ocupação do solo nas bacias hidrográficas que intersectam a área de estudo: a) 1999 e b) 2007

### 2.3. Inventário de eventos hídricos na cidade de Santa Cruz: cheias rápidas, inundações urbanas e galgamentos costeiros

O inventário dos eventos hídricos para a cidade de Santa Cruz (figura 26) permitiu identificar três tipos de eventos: as cheias rápidas, as inundações urbanas e os galgamentos costeiros. Existindo o registo da conjugação dos últimos dois tipos em simultâneo.

Como é visível no gráfico 2 os dados recolhidos permitem concluir que do universo dos eventos ocorridos na cidade (18 eventos) destacam-se as inundações urbanas (9 eventos), em seguida as cheias rápidas (6 eventos), tendo menor peso os galgamentos costeiros, que apenas sucedeu uma vez sem conjugação de mais nenhum evento. Note-se que os galgamentos costeiros existem, porém, devido à falta de informação sobre a sua ocorrência apenas se conseguiu contabilizar três, dos quais dois conjugaram-se com a inundação urbana.

Quando se observa o mês de ocorrência dos eventos, confirma-se as indicações bibliográficas, isto é, a ocorrência dos eventos decorre nos meses de outono e inverno.

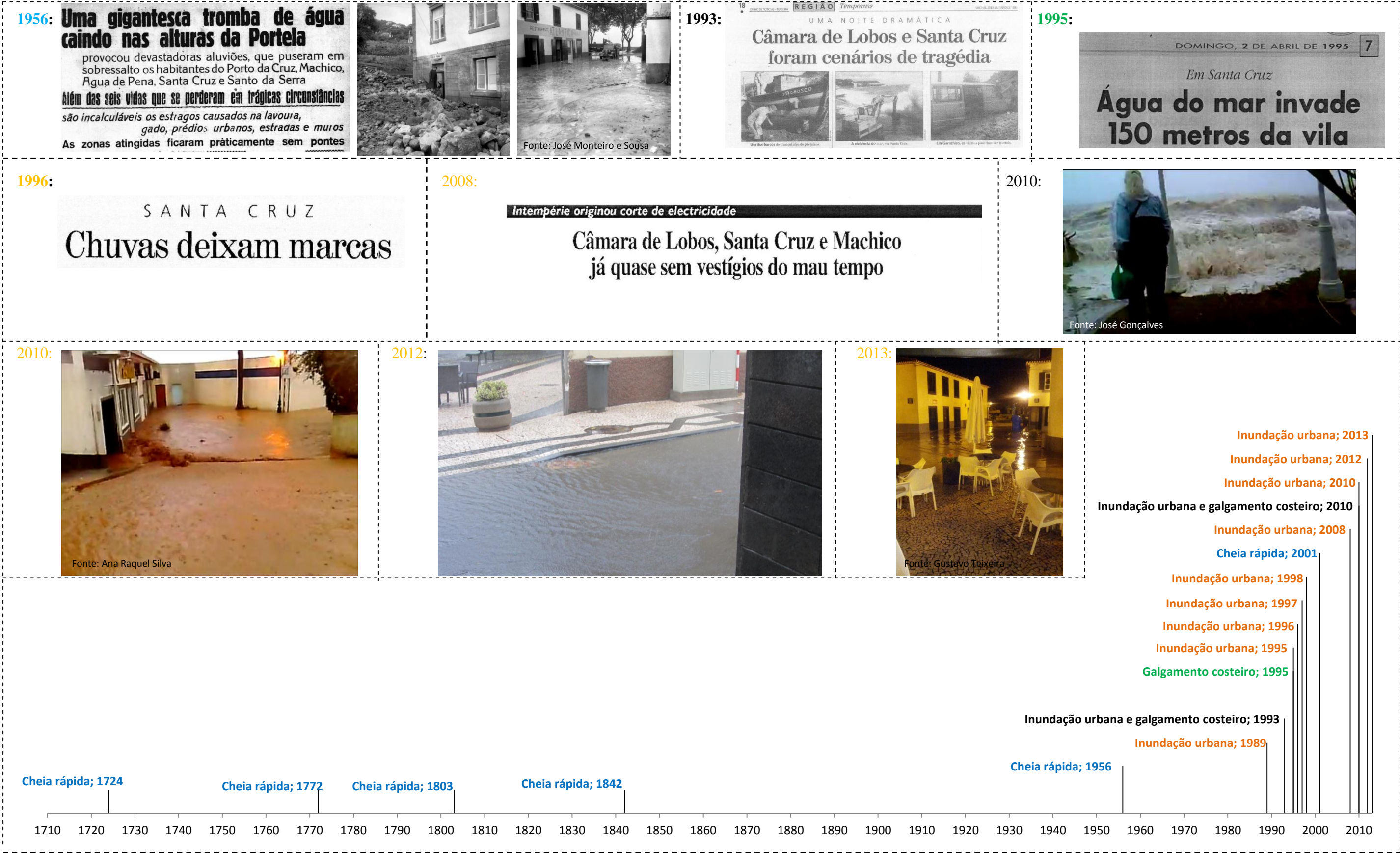


Figura 26 - Histórico dos eventos hídricos: cheias rápidas, inundações urbanas e galgamentos costeiros na cidade de Santa Cruz, de 1724 a 2013.



Destaca-se para as cheias os meses de outubro e novembro, correspondendo aos eventos do século XXI e XX. As inundações urbanas, fenómenos mais recentes, desde a década de 80 do século XX sucedem-se desde setembro até março (gráfico 3).

### **2.3.1. Cheias rápidas**

A ilha da Madeira desde o início da sua colonização tem assistido a eventos hídricos, os designados aluviões, que abalam os aglomerados populacionais aqui presentes.

Desde 1724 que o município de Santa Cruz surge nos relatos como local afetado, sucedendo-se igual cenário em 1772 e 1803. Porém, a elaboração da cartografia das áreas inundáveis iniciou-se com o evento de 1842. A escolha desta data como o início da inventariação destes episódios, prende-se com o facto de ser o primeiro evento com relato pormenorizado. Segundo, a Acta Extraordinária do Município de Santa Cruz transcrita por PIO (2001), a área afetada estendeu-se desde a Misericórdia até à Rua da Praia (área a jusante) (figura 27 A).

A cheia rápida de 1842 originou-se com o transbordo das duas ribeiras que delimitam o centro histórico de Santa Cruz: Ribeira de Santa Cruz (destruição do muro no sector da Quinta Escuna) e da Ribeira da Calçada. Neste evento, afirma-se que a cidade de Santa Cruz delimitada na altura pela Misericórdia (Rua da Irmã Wilson) e pelo Ribeira da Calçada funcionou como ponto de encontro dos caudais advindos dos cursos de água. O mesmo sucedeu-se em 1956 (figura 27 B), onde novamente as duas ribeiras conjugaram o seu transbordo, destacando-se a Ribeira da Calçada como a maior responsável.

Assim, passados 114 anos voltou a suceder-se uma cheia rápida onde o volume de precipitação da estação do Santo António da Serra excedeu a sua capacidade, ou seja, evento registou-se com um índice pluviométrico acima dos 150mm (CARVALHO, 2004), apontando-se os 300 mm em 24 horas pelo Registo do Mês de Novembro do Distrito do Funchal.

Este episódio dos anos 50 do século XX permitiu verificar que a área a montante da cidade de Santa Cruz alimenta o fluxo de lama transportado pelas ribeiras com uma quantidade importante de materiais.

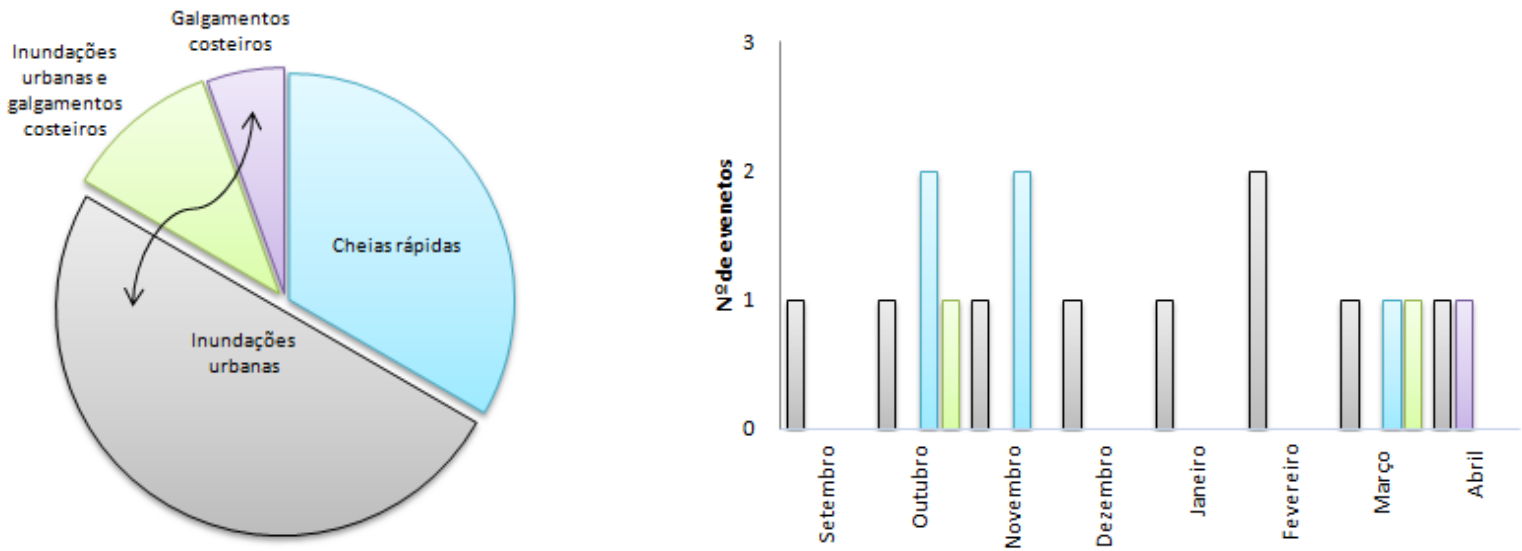


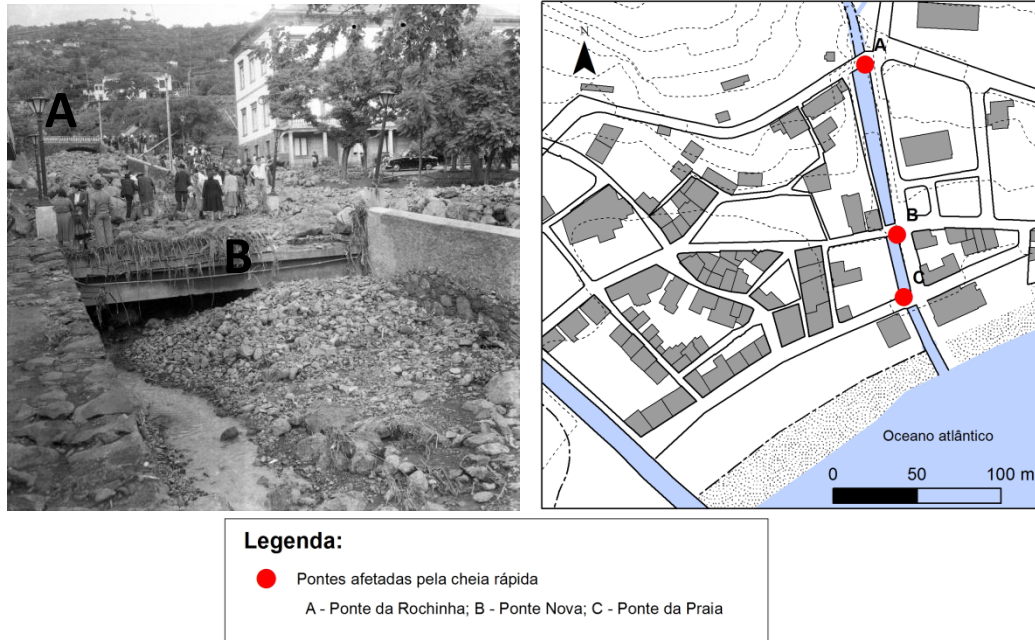
Gráfico 2e 3 - Distribuição dos eventos hídricos na cidade de Santa Cruz, segundo a tipologia e mês (1724 a 2013).

Perímetro de inundação	Descrição
Data do evento	
A. 23 de outubro de 1842	
	“(…) no d’ontem pelas cinco horas da manhã; de que resultou destruir a Ribeira parte da muralha nova e velha do lado Oriental desde a extremidade da propriedade de Guilherme Grant, negociante Britanico, contígua à Misericórdia desta villa até abaixo da ponte na extensão de vinte e seis braças, inclusive oito sem alicerce e três de uma forma semicircular tendo do encosto de terra e cascalho correndo alli a água quási encostada à parede dos álamos: “- do lado ocidental destruiu parte do pegão da ponte e parte do paredão de pedra ensôca que fecha na rocha do Tello: - abriu também uma grande cova que levou a rampa da ponte, e a coluna que corréo pela fazenda da Conceição de que é colono Domingos Alves inundou o pavimento do antigo e arruinado edificio da capela d’aquella nome (Capela Nossa Senhora da Conceição) e continuou até à porta da loja da caza dos Herdeiros de Maximiano Francisco da Silva Barreto.” PIO (2001)
B. 3 de novembro de 1956	
	"(…) Originou esta catástrofe uma colossal tromba marítima cuja água inundou o Santo da Serra e transbordou em maior volume e violência sobre as freguesias de Santa Cruz (…) As proporções desta descarga atmosférica em tão desmedida abundancia e violência torrencial destrui tudo por onde passou (…) O Santo da Serra, alcandorado na montanha, sobranceiro em rápido declive sobre Santa Cruz, (…), sacudiu de si as águas diluvianas encosta abaixo sobre aquelas povoações, e as ribeiras desta última freguesia (…). A canalização de esgotos das vilas de Santa Cruz e Machico ficou obstruída, a eletricidade sem energia e sem água potável os fontenários (…)" Ilhas de Zargo, Volume I
C. 5 e 6 de março de 2001	
	“(…) E ainda durante a manha, a situação foi bastante grave em Santa Cruz e Machico. As ribeiras galgaram as muralhas e as inundações foram inevitáveis (…). Próximo da escola de Santa Cruz um popular olhava com alguma perplexidade para a fúria da ribeira. Vinha buscar o neto para levar para casa, num dia em que aquele estabelecimento de ensino encerrou portas (…). O temporal que se abateu em toda a ilha fez transbordar os ribeiros e ribeiras deixando as populações mais próximas num misto de meso e fúria.” Diário de Noticias da Madeira (7-08-2001)
<div><div><b>Legenda</b> <b>Cratografia da cidade de Santa Cruz</b> — Morfologia urbana ■ Edifício <b>Topografia</b> --- Equidistancia de 5 metros ● Calhau ● Água</div><div><b>Eventos hídricos</b> — Perímetro de inundação --- Indefinição</div></div>	

Figura 27 - Síntese dos perímetros de cheias rápidas na cidade de Santa Cruz.



Outra conclusão a retirar do evento é que as pontes da cidade podem funcionar como barragem aos materiais transportados, como calhaus, de grande porte, levando a saída do caudal para as vias de comunicação (figura 28).



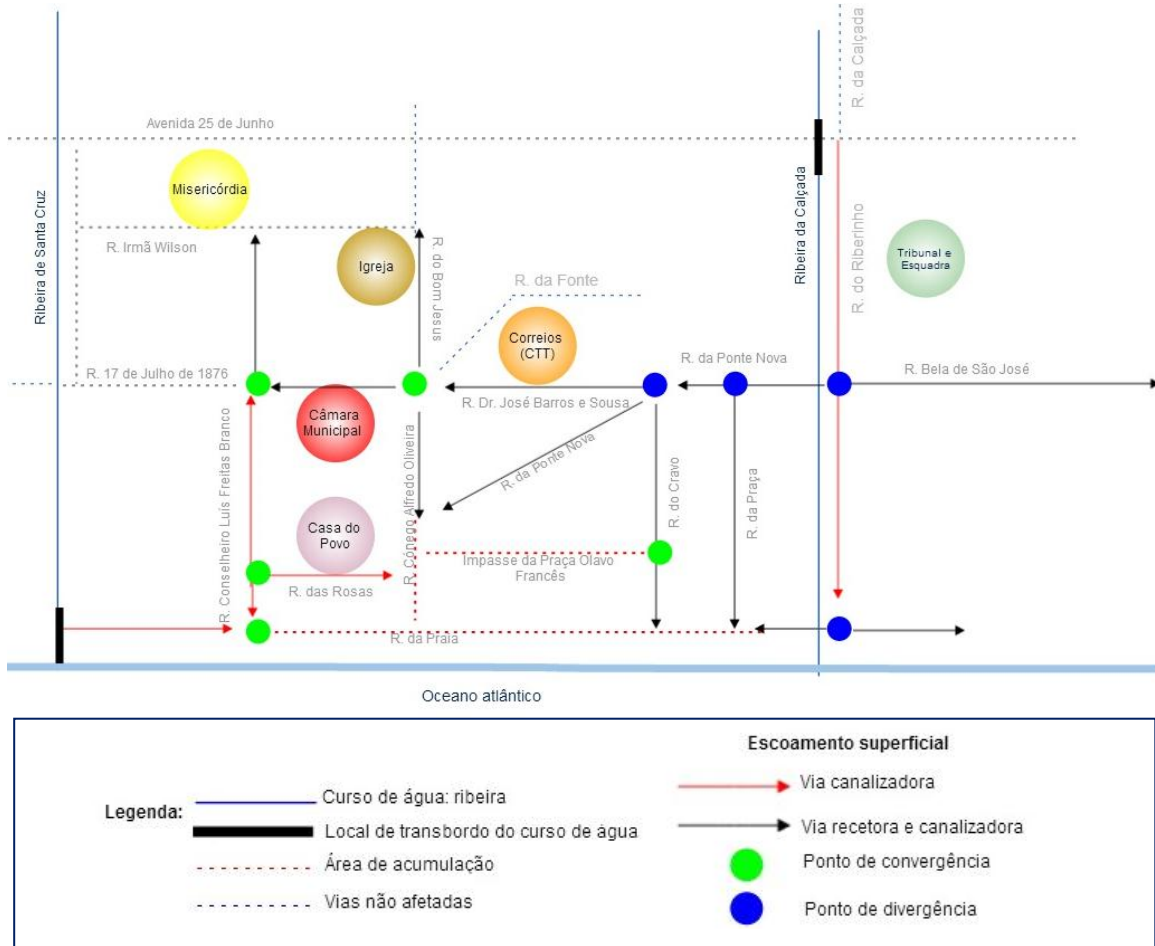
**Figura 28 - Efeito de barragem na Ribeira da Calçada no evento de 3-11-1956.**

A Rua do Ribeirinho, a 3-11-1956, funcionou como via canalizadora, bem como, a Rua da Praia e a Rua Conselheiro Luís Freitas Branco. A primeira via canalizou as águas da Ribeira da Calçada, já as últimas duas vias canalizaram as águas da Ribeira de Santa Cruz (figura 29). Tal, originou um corte de comunicação entre a localidade de Machico e Funchal, isolando a cidade de Machico.

Note-se que a área da Rua de 17 de Julho de 1876 ficou inundada pelas águas da Ribeira da Calçada devido à ligação desta com a Rua da Ponte Nova através construção da Rua Dr. José Barros e Sousa. Assim, a malha urbana surge como propagadora da inundação.

A quantidade de precipitação do dia 3-11-1956 originou um escoamento abundante que inundou os elementos urbanos da cidade registando-se o maior valor na Esquadra da Policia de Segurança Pública, *i.e.*, de 2,20 metros (figura 30). Deste modo, a Rua do Ribeirinho, via canalizadora do fluxo de lama e materiais provindos da Ribeira da Calçada, possui em toda a sua extensão colunas de água superiores a 0,80 metros afetando a estrutura dos edifícios e os bens pessoais neles presentes.

Outra via que observou grandes quantidades de água foi a Rua da Praia, não só por ser uma via canalizadora da água provinda da Ribeira de Santa Cruz, mas também por receber água da Ribeira da Calçada. Aqui surge a área de acumulação que prolonga-se para a Rua Cónego Alfredo Oliveira (Praça Padre Olavo Francês).



**Figura 29- Esquema do escoamento superficial da cheia rápida de 3-11-1956.**

Os quarteirões compreendidos entre a Rua Cónego Alfredo Oliveira e Rua da Praça apresentaram uma coluna de água inferior a 0,40 metros para o evento de 1956. A explicação centra-se nas fotografias de referência para as medidas registarem os momentos de limpeza do evento. Deste modo, identifica-se o mínimo da coluna de água desta área podendo ter sido superior a este valor.

Uma observação nos cenários de cheia de 1842 e 1956 é a de que a foz da Ribeira deslocou-se para ocidente (atual área de uma unidade hoteleira), aumentando o material depositado no litoral no evento de 1956.

Para o ano de 2001 não se sabe com rigor a área de inundação, porém sabe-se que existiu um cenário de cheia provindo da Ribeira de Santa Cruz, iniciando-se na área

da Escola Secundária de Santa Cruz, onde se deu o transbordo (figura 27C). Este cenário desenvolveu-se nos dias em que se registou os máximos de precipitação nas estações de Santo António da Serra e de Santa Catarina entre o mês de janeiro e março.

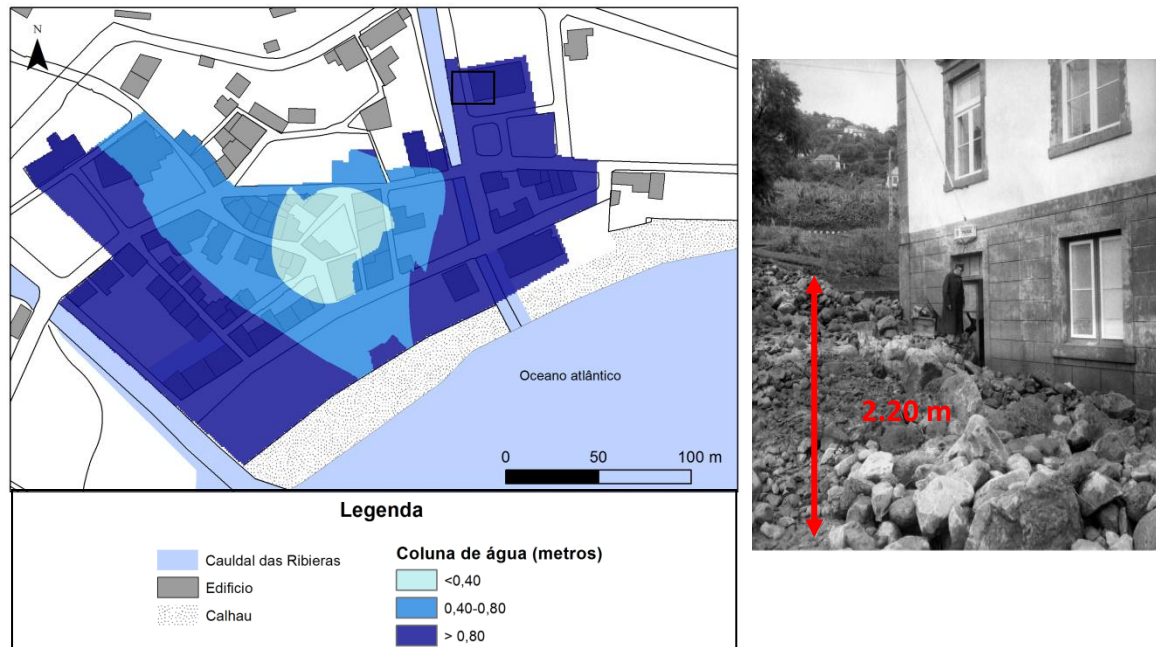


Figura 30 - Altura da água na inundação de 3-11-1956.

Em 2001, o máximo de precipitação de 210,5 mm para a estação do Santo da Serra e 59,2 mm para o Aeroporto registou-se entre o dia 5 de março para dia 6 de março, datando-se assim o evento (figura 31). Possivelmente, o transbordo do curso de água ocorreu devido a grande quantidade de precipitação que originou movimentos de vertente, aumentando o caudal transportado pela Ribeira de Santa Cruz.

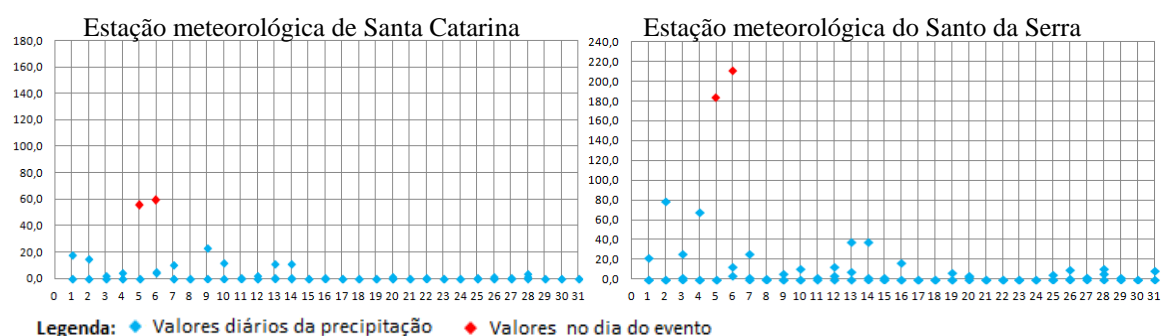


Figura 31 - Valores da precipitação diários, entre janeiro e março de 2001 nas estações meteorológicas de Santa Catarina e Santo da Serra.

A informação provinda das ocorrências de cheia rápida permitiu concluir que o transbordo no lado oriental da ribeira de Santa Cruz afeta a área compreendida entre a

Avenida 25 de Junho (limite a Misericórdia) e a Rua da Praia. Na área inundada todos os edifícios presentes nela ficam inundados no rés-do-chão e por vezes nas caves, devido à particularidade física de limite com oceano atlântico. Em nenhum caso a coluna de água atingiu os andares superiores do edificado.

No que se refere à quantidade de precipitação, através dos dados de 1956 e 2001 conclui-se que o transbordo das ribeiras de Santa Cruz e da Calçada pode suceder-se com valores superiores a 150 mm em 24 horas, registados na estação do Santo da Serra, área onde se localizam as cabeceiras dos cursos de água principais. Em simultâneo, na estação de Santa Catarina/Aeroporto o valor tem de ser superior a 55 mm.

Por último, acrescenta-se que as cheias na cidade de Santa Cruz acontecem, em média, de 60 em 60 anos, o que segundo GTI, apresenta uma probabilidade baixa de frequência. Se associar-se à frequência a altura da água do evento de 1956, de grosso modo, conclui-se que o perigosidade de cheia é média.

### 2.3.2. Galgamentos costeiros

A cidade de Santa Cruz ao ter como limite físico o oceano atlântico enfrenta a possibilidade de galgamentos costeiros, como se confirmou nos anos de 1993, 1995 e 2010.

No dia 30 de outubro de 1993, primeiro registo de inundação por galgamento costeiro no inventário, a área afetada estendeu-se desde o Centro de Evasão (estabelecimento no sector ocidental da Ribeira de Santa Cruz, hoje inexistente) até às piscinas municipais (figura 35A). Para além, deste evento sucedeu-se uma inundação urbana, mas tal não consta nas informações jornalísticas. Contudo, os valores de precipitação (figura 32) indicam que uma inundação urbana sucedeu-se, pois registaram-se 66,6 mm em 24 horas (das 9 h do dia 29 até às 9 h do dia 30) na estação de Santa Catarina e 163,8 mm na estação do Santo da Serra.

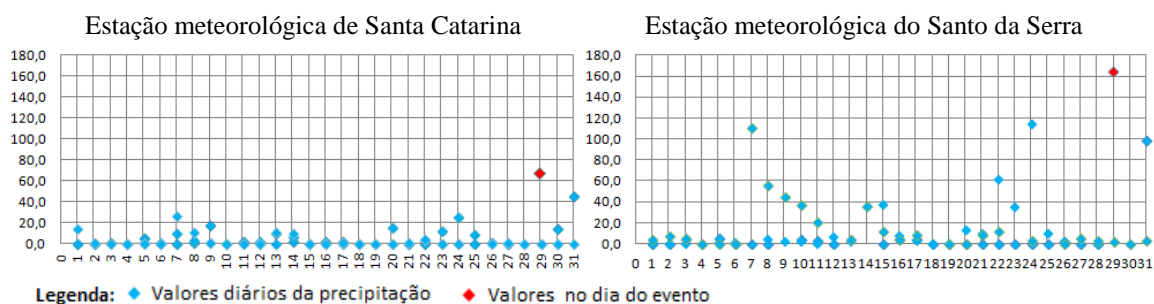


Figura 32 – Precipitação diária de 1993 dos meses de outubro a dezembro, em Santa Cruz.

Optou-se pela hipótese de inundação urbana, devido à ausência de um transbordo de um curso de água nas notícias, bem como, pelo facto de se ter detetado com a presente investigação, que a partir de um determinado valor de precipitação ocorre uma inundação urbana, como será pormenorizado à frente.

Passados dois anos (01-04-1995) voltou a registar-se um galgamento costeiro, porém, sem a conjugação de inundação urbana. Neste evento, o mar invadiu a mesma área de 1993 (150 metros) acrescentando-se a penetração da água salgada e de calhaus até Praça Padre Gabriel Olavo Francês (figura 33,34). As ondas que deram origem à inundação possuíam 5 a 7 metros de altura (D.N.M. de 2-04-1995).

A mais recente inundação por galgamento costeiro deu-se a 2 de fevereiro de 2010, onde se observou a mesma extensão que os eventos anteriores, porém a profundidade da água salgada na cidade foi menor, atingindo apenas a *promenade* (figura 35B). Contudo, o limite deste evento é a Rua da Praia.

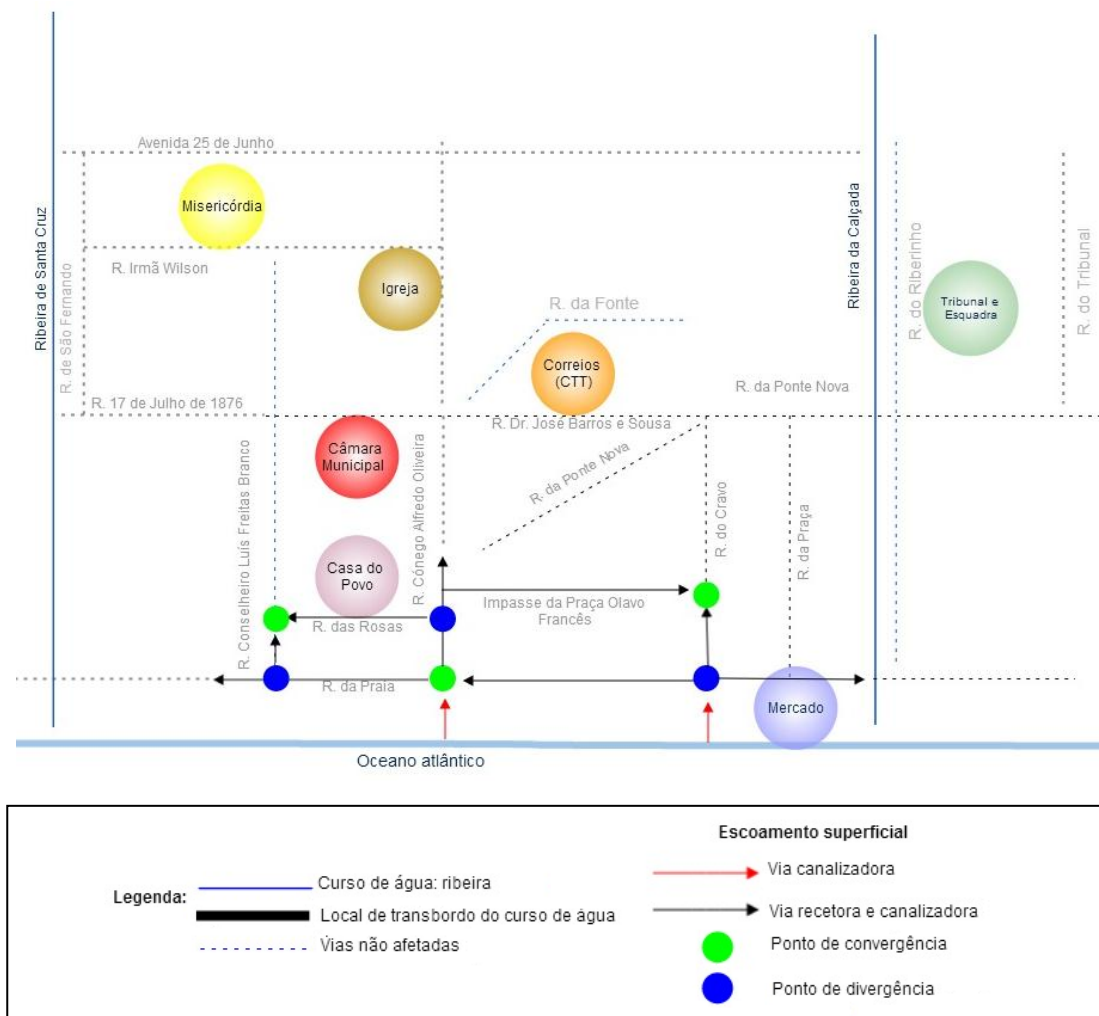


Figura 33- Direção da água provida do galgamento costeiro, evento de 01-04-1995.



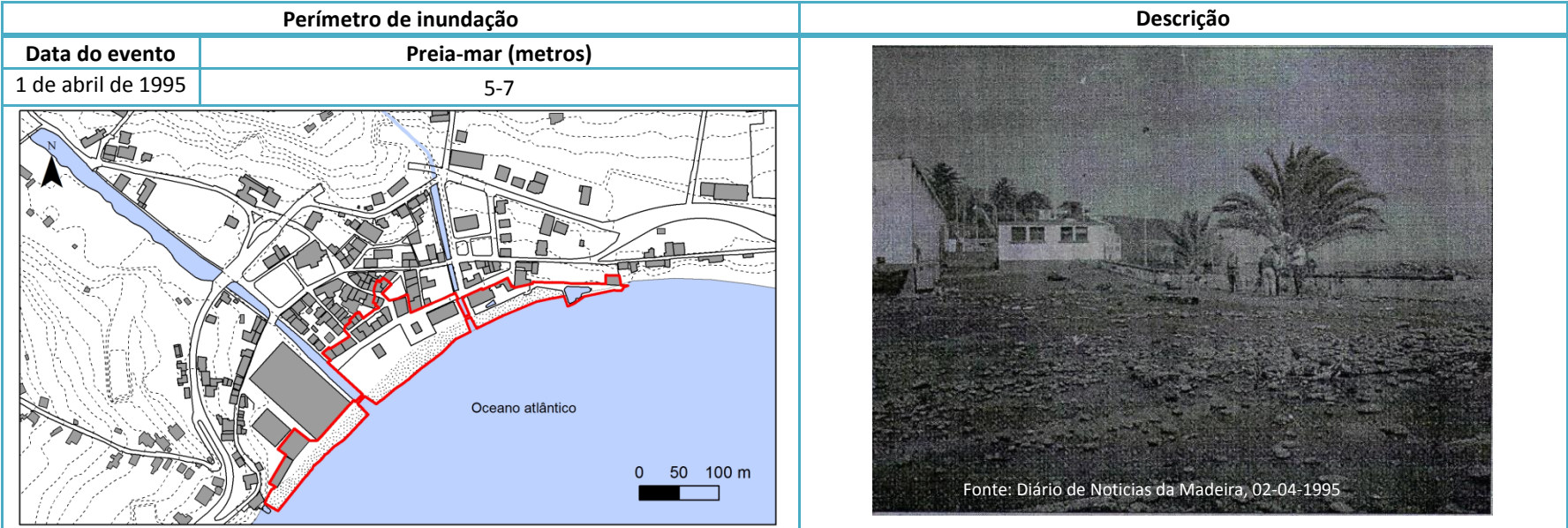


Figura 34 - Perímetro de inundação por galgamentos costeiros em 1995 na cidade de Santa Cruz.



Figura 35 - Perímetro de inundação de galgamentos costeiros em conjugação como inundações urbanas, na cidade de Santa Cruz em 1993 e 2010.

O limite do galgamento costeiro ser a Rua da Praia é explicado pelo facto da maré-cheia condicionar a descarga da rede pluvial, fazendo com que as águas pluviais submergissem as vias (DNM,03-02-2010). Assim, conjugou-se um galgamento costeiro com uma inundação urbana.

A ocorrência de 2 de fevereiro deu-se num cenário de aviso amarelo despoletado pela ocorrência de vento forte, ou seja, o vento apresentava-se com rajadas de 50 km/h. A par do vento registou-se em 24 horas, entre as 9h do dia 1-02-2010 a 9h do dia 2-02-2010, 71 mm de precipitação na estação meteorológica de Santa Catarina. O que demonstra que mesmo que não ocorresse o galgamento costeiro possivelmente registar-se-ia uma inundação urbana.

Em síntese, afirma-se que quando ocorre um galgamento costeiro na cidade de Santa Cruz é normal, ocorrer uma inundação urbana. Tal cenário advém do “*entupimento dos tubos de descarga*” resultante da agitação marítima em conjugação com o caudal da ribeira elevado. Assim, a água ao ficar impedida de sair pela ribeira ou pelo mar (locais de descarga da rede pluvial) procura a superfície para escoar.

### **2.3.3. Inundações urbanas**

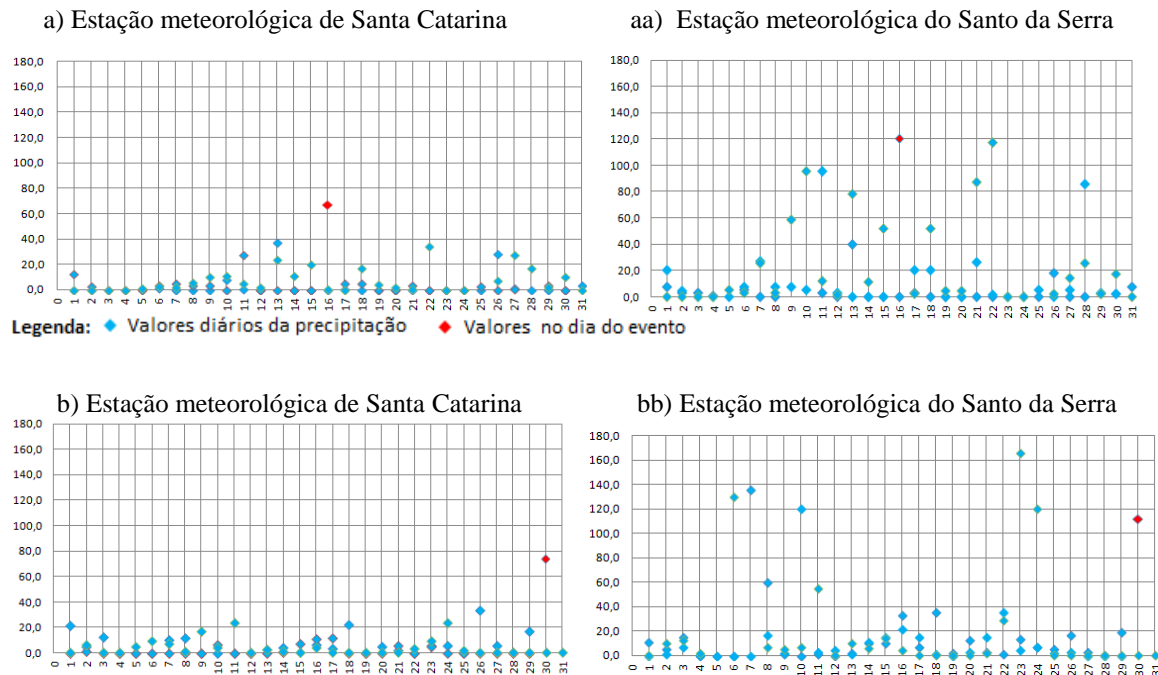
O inventário realizado para a cidade de Santa Cruz demonstrou que os eventos hídricos mais frequentes são as inundações urbanas. Tal é justificado pela cidade encontrar-se num vale que possui ligação direta às zonas altas através das vias de comunicação. São estas a Rua do Moreno, Rua Dona Mécia, Rua da Calçada/ Rua das Levadas. Outra causa das inundações urbanas na cidade é a insuficiência da rede pluvial.

A primeira inundação urbana registada é a de 26 de setembro de 1989 (figura 38 A), sendo a cidade novamente palco de inundações em 1993, como já foi referido.

Em 1995, a 16 de novembro, registou-se outra inundação urbana limitada pela Rua da Praça, Rua da Praia, Rua 17 de Julho de 1876 e Rua Dr. José Barros e Sousa. A causa direta do evento foi os 67 mm de precipitação registados na estação de Santa Catarina (figura 36a). Porém, ao contrário dos demais eventos este não sucedeu-se com o máximo de precipitação do ano hidrológico, sendo este registado a 30-01-1996, ocorrendo dois eventos no mesmo ano hidrológico.

Deste modo, a cidade de Santa Cruz foi novamente motivo de notícia, desta vez, devido a um episódio chuvoso de 30-01-1996 ter causado prejuízos no comércio local.

Os valores divulgados na secção de meteorologia do DNM indicam que na estação de Santa Catarina choveu um total de 73.8 mm (figura 36b). Na compilação dos depoimentos para o jornal é identificado como principal motivo de inundação dos elementos expostos, a inexistência de passeios, implicando que as soleiras fiquem à altura da rua, correspondendo a situação III da medida da coluna de água.



**Figura 36 - Precipitação diária dos meses de outubro a dezembro de 1995 (a, aa) e de janeiro a março de 1996 (b, bb), nas estações de Santa Catarina (a, b) e Santo da Serra (aa, bb).**

Em dezembro de 1997, Santa Cruz viu o seu território submerso pelas águas advindas da rede pluvial, demonstrando a sua incapacidade de escoamento na Rua da Ribeira e alimentando uma inundação no centro de Santa Cruz (figura 38,D). Tal sucedeu-se num cenário de 41,3 mm em Santa Catarina e 96,2 mm no Santo da Serra. Neste cenário de inundação de 1997 a Rua da Ribeira e a Rua Dr. José Barros e Sousa comportaram-se como vias canalizadoras, sendo as recetoras e canalizadoras a Rua da Praça, a Rua da Ponte Nova e a R. 17 de Julho de 1876. O fluxo que por aqui circulava acumulou-se na área da Rua da Praia e Praça Padre Olavo Francês, como sucedeu nos eventos anteriores (figura 37).

Passados dois meses do referido evento, a 01-02-1998, a cidade registou 82,7 mm em 24 horas originando-se uma nova inundação (figura 38E), inundando a Igreja Matriz.



Após dez anos da última inundação urbana, Santa Cruz vê-se novamente perante um cenário de inundação, a 08-03-2008, delimitada pela Rua Irmã Wilson, Rua da Praia, R. Dr. José Barros e Sousa e Rua da Praça. Desta vez o edifício em destaque foi a Misericórdia que inundou, sendo necessário a intervenção dos bombeiros.

Para além do evento de 2 de fevereiro de 2010 já referido, registou-se outro evento no mesmo mês, porém este mais severo que o anterior. Este acontecimento datado de 20 de fevereiro de 2010, data marcante para a Ilha da Madeira, correspondeu a uma inundação urbana despoletada por transbordo de pequenos cursos de água a montante.

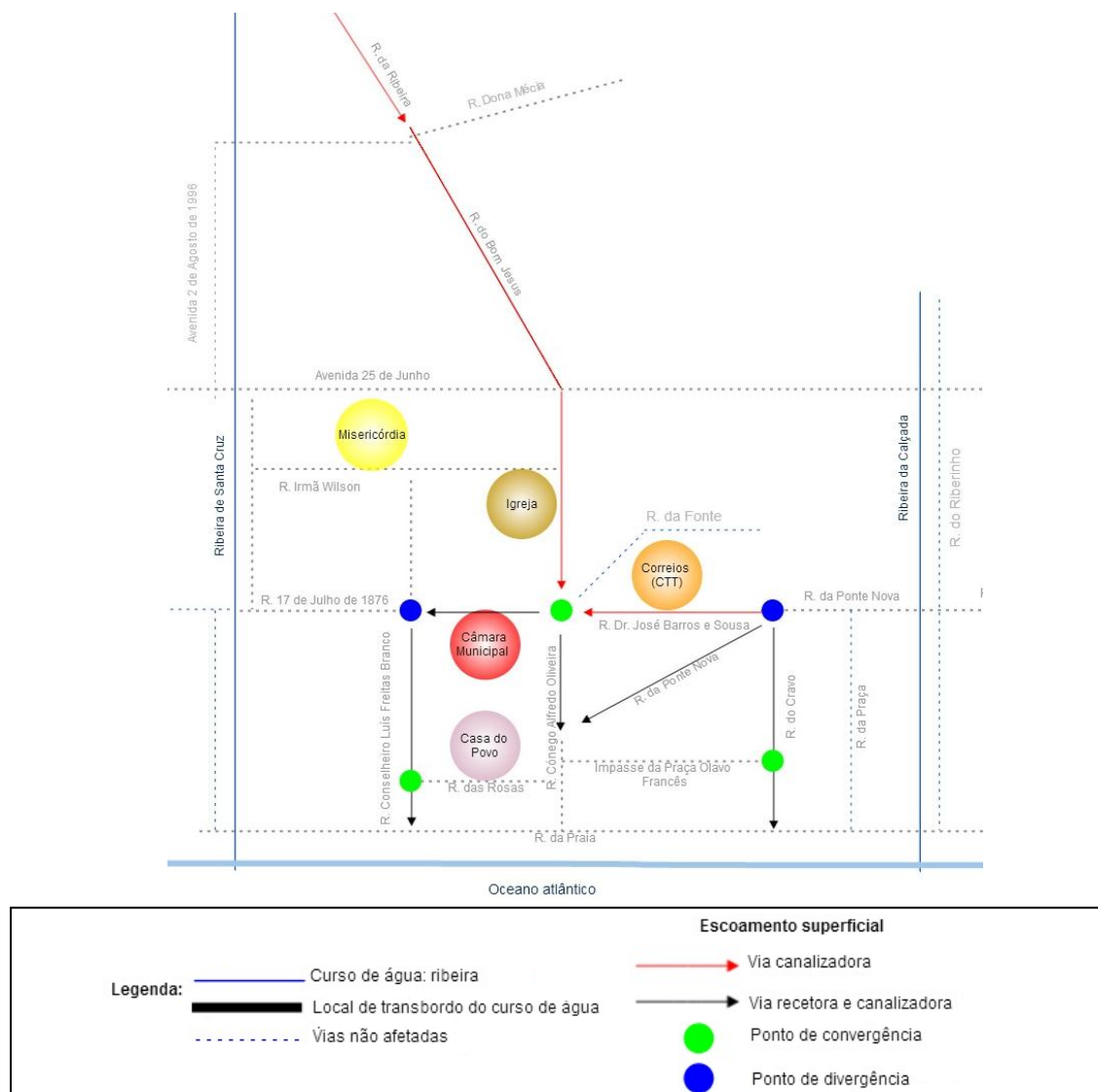


Figura 37 - Escoamento superficial da inundação urbana de 17-12-1997.

Este evento, 20-02-2010, segundo a simulação de FRAGOSO *et al.* (2012) deveu-se a um episódio chuvoso com duração de 14 horas consecutivas, durante o qual,

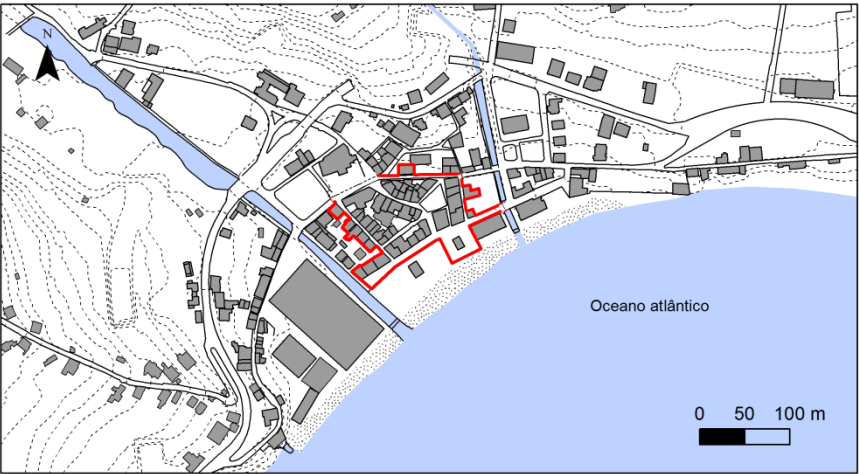
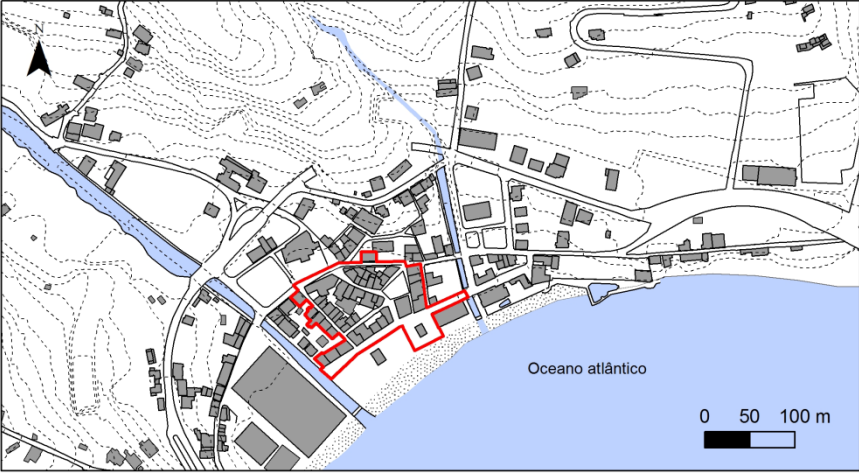
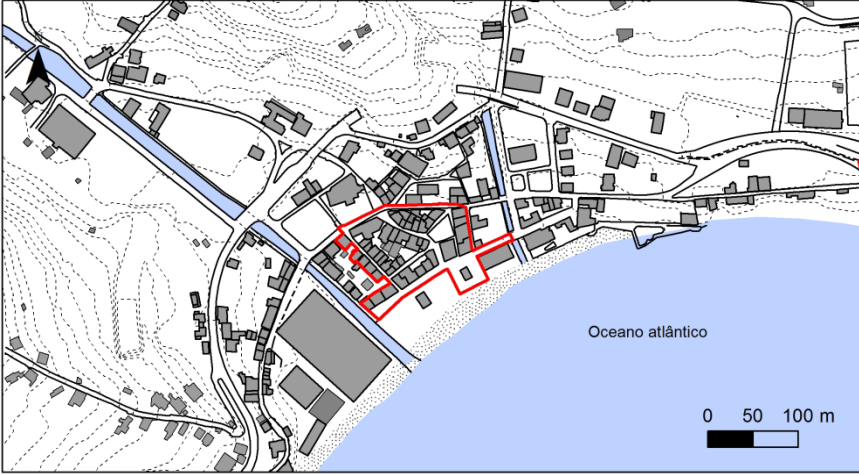
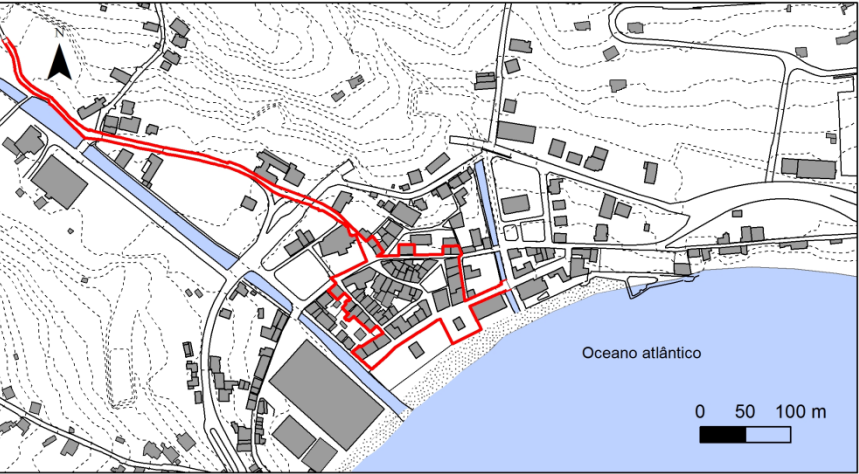
entre as 8 horas e as 9 horas registaram-se 60 mm por hora no município do Funchal e de Santa Cruz. Nesta hora a intensidade da chuva foi maior nas altitudes baixas do que nas altas, nas horas seguintes a situação inverteu-se.

Entre as 10h e as 11h do dia 20 o concelho de Santa Cruz registou um núcleo de 80,1-88,4 mm por hora, possivelmente desencadeando-se nesta altura os movimentos de vertente que alimentaram o caudal das ribeiras. Conclui-se, que foi neste horário que os arruamentos do centro de Santa Cruz funcionaram como vias de escoamento das águas.



**Figura 38 – Proposta da área de influência do escoamento superficial da inundação 20-02-2010 em Santa Cruz.**

O fluxo de lama que inundou a cidade teve como vias canalizadoras o Caminho do Poiso continuando pela Rua dos Moinhos que acede à Rua Dona Mécia e pela Rua da Nossa Senhora Dos Remédios que segue pela Rua das Levadas com destino à Rua da Calçada. Outra via canalizadora é a Rua do Moreno que depositou o fluxo na Avenida 25 de Junho. Assim, surge a proposta que a área de influência do escoamento, figura 38, advém desde a freguesia do Santo António da Serra direcionando-se para as áreas deprimidas, Santa Cruz.

Perímetro de inundação	Descrição
Data do evento	
A. 26 de setembro de 1989	
	<p>“No concelho de Santa Cruz a vila e a freguesia de Gaula parecem ter sido as mais afectadas” (Diário de Noticias da Madeira, 27-09-1989)</p>
B. 16 de novembro de 1995	
	<p>“O mau tempo que se fez sentir na zona de Santa Cruz, deixou marcas, visíveis não só à beira mar, onde o mar se apresentava castanho com as águas cheias de terra provenientes das ribeiras, como também nas próprias ruas. Também a Câmara Municipal de Santa Cruz não escapou à ação das águas e na manhã de ontem uma infiltração de água pelo telhado provocou inundação (...) Consequência do mau tempo foi também o encerramento da C+S, o que aconteceu por volta das 11 horas (...) encerramento deveu-se ao facto de a chuva constante que caiu durante á noite e parte da manhã, ter deixado quer o edifício da sede, quer os anexos com “muita água”. As situações mais delicadas viveram-se, contudo nos anexos, pois além de a estrada entre estes estar intransitável. (...)” (Diário de Noticias da Madeira, 17-11-1995)</p>
C. 30 de janeiro de 1996	
	<p>“O dia de ontem, em Santa Cruz, foi também exemplo disso, pois as chuvas torrenciais que se fizeram sentir durante quase toda a noite e grande parte do dia (...), provocaram diversas inundações e contra-tempos. Um dos locais onde as consequências das chuvas mais se fizeram sentir foi no centro da vila, onde a meio da manhã, as ruas se apresentavam cheias de água, inundando diversos estabelecimentos comerciais e motivando a intervenção dos bombeiros (...) Uma vez mais, os proprietários “sentiram na pele” o facto de diversos destes locais terem a soleira das portas quase ao nível da rua, o que os torna muito vulneráveis às inundações. Outro dos locais onde mais se fizeram sentir as consequências do temporal foi a escola C+S de Santa Cruz, que encerrou ao fim da manhã, uma vez que diversas salas apresentavam inundadas (...)”(Diário de Noticias da Madeira, 31-01-1996)</p>
D.17 de dezembro de 1997	
	<p>“ A exemplo do sucedido em situações semelhantes, ocorridas anteriormente, as fortes chuvadas, que durante a manhã de ontem assolaram Santa Cruz, provocaram várias pequenas inundações, transformando algumas das ruas do centro da cidade em autênticos lagos, quase impossíveis de transpor sem “botas de água”. As tubagens da rede de águas pluviais não conseguiram dar vazão a tanta água, e em alguns locais a força desta foi tanta que chegou a levantar as tampas dos esgotos. Uma das artérias em que mais se fez sentir a força da água e os seus inconvenientes foi a Rua da Ribeira, que a meio da manhã, fazendo jus ao seu nome parecia uma autêntica ribeira de água acastanhada, dificultando imenso a circulação dos peões e também automobilista. (...) “ (Diário de Noticias da Madeira, 18-12-1997)</p>

Continuação na página 62.



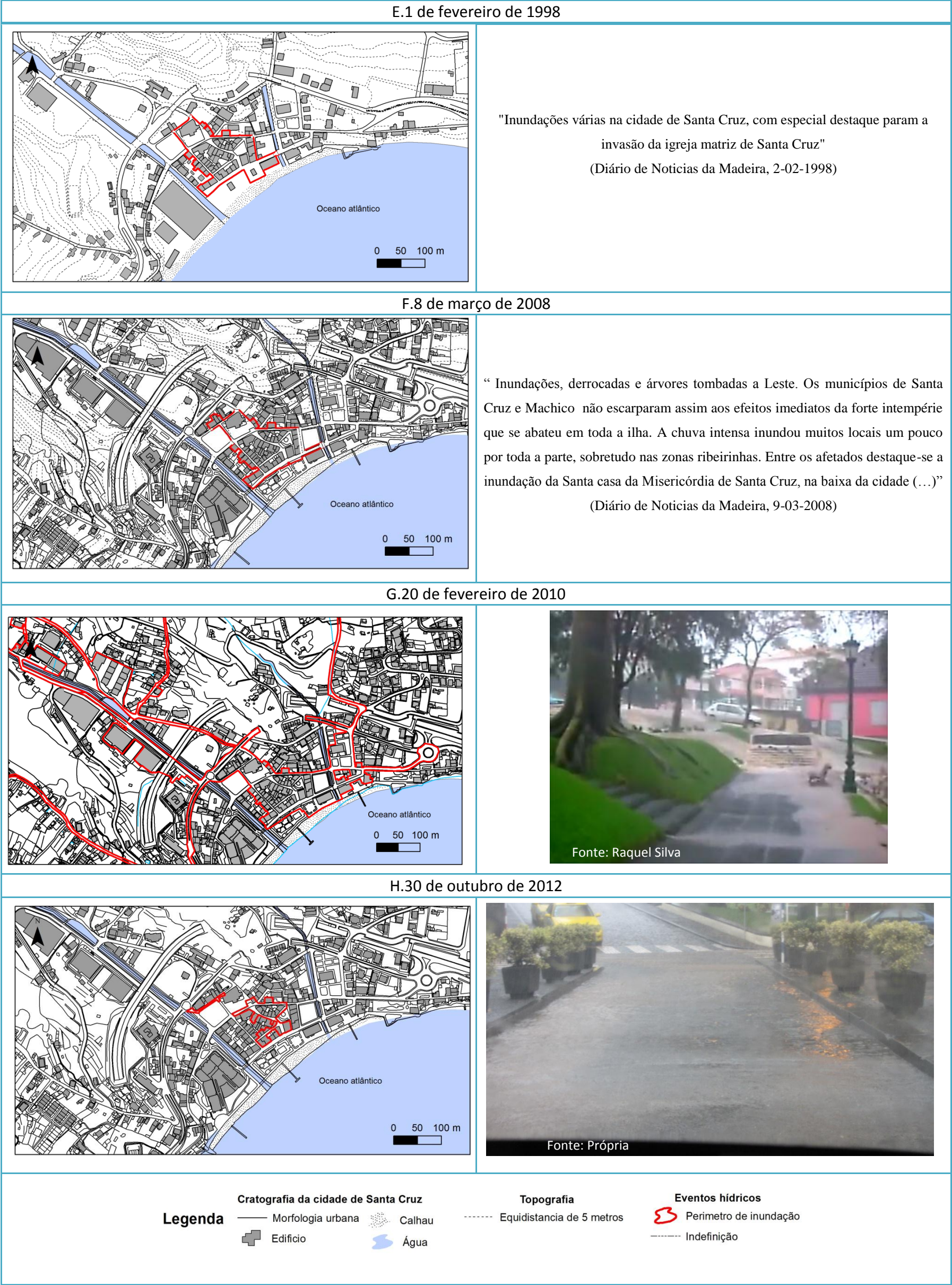
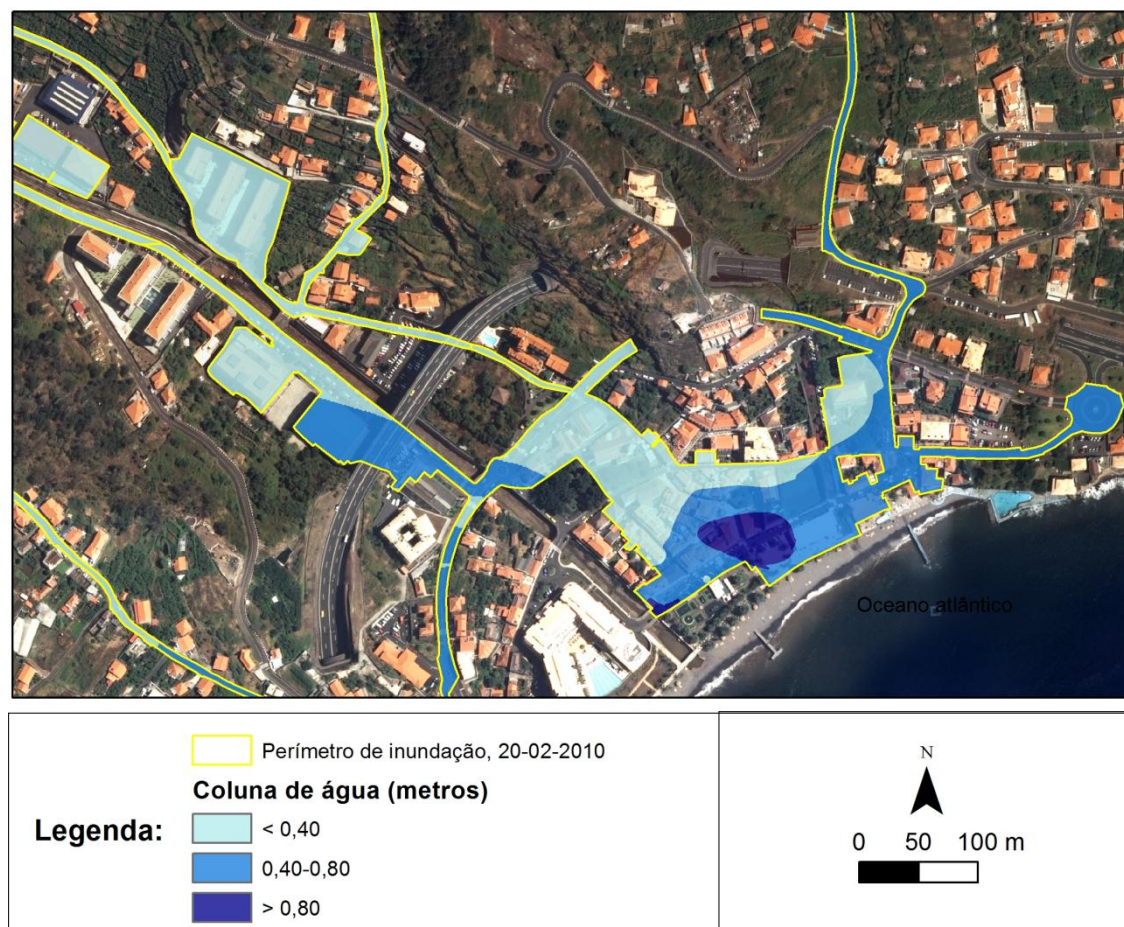


Figura 39 – Área afetada por inundações urbanas na cidade de Santa Cruz de 1989 a 2013.



A origem da água, de 20-02-2010, presente nas vias canalizadoras não é conhecida, mas possivelmente deveu-se a movimentos de vertente que em conjugação com a possível falta de limpeza de ribeiros expulsaram a água para fora do seu percurso normal.

Fora do centro da cidade registou-se cheia no quadrante norte da Ribeira de Santa Cruz, na Rua da Ribeira, que se refletiu na cedência do pavimento da ponte aí existente. Este transbordo ocasionou um escoamento superficial para o centro da cidade, apresentando-se a Rua da Ribeira como via canalizadora.



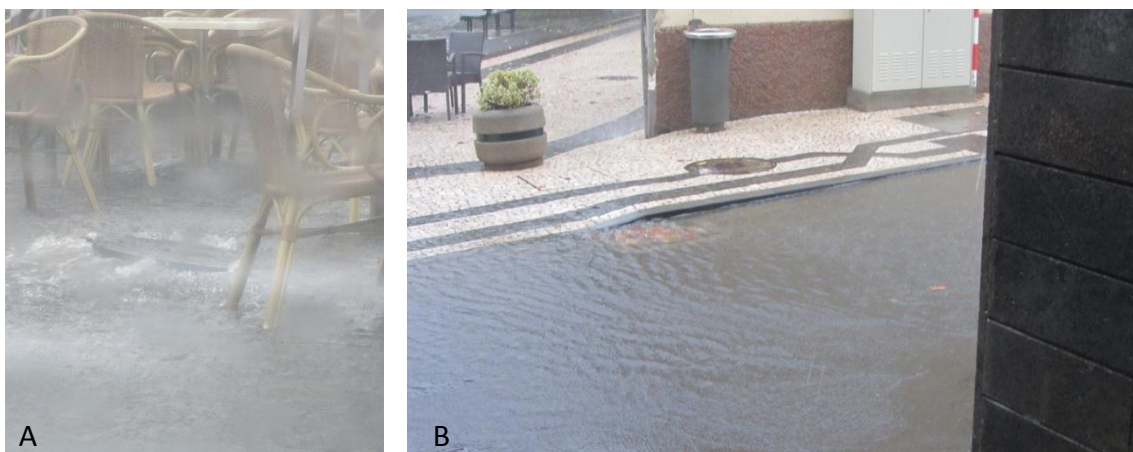
**Figura 40- Altura da água na inundação de 20-02-2010.**

Este evento no que se refere ao comportamento do escoamento superficial foi mais complexo que os demais (figura 42). Tal deve-se a todas as ruas das áreas altas com ligação à cidade depositarem às águas que transportavam ao longo de quilómetros nos arruamentos urbanos. Surge neste cenário a Avenida 2 de Agosto de 1996 como via recetora da água proveniente do transbordo da Ribeira de Santa Cruz a montante da

cidade na Rua da Ribeira. A esta quantidade de água foi adicionada à incapacidade da rede pluvial que inundou habitações que marginavam a presente via.

As águas lamacentas provenientes da Avenida 2 de Agosto de 1996 reuniu-se na ER207 ao fluxo advindo da Rua da Morena, dirigindo-se para a Rua Irma Wilson, onde invadiu a Misericórdia. Aqui o fluxo encaminhou-se para a Rua 17 de Julho de 1876, onde juntou-se às águas advindas da Rua do Bom Jesus (agrupou-se o fluxo da Rua da Ribeira e Rua Dona Mécia) e da Rua Dr. José Barros e Sousa proveniente dos jardins do tribunal. Este fluxo que divergiu no Tribunal adveio da Rua da Calçada que tinha como origem o Caminho do Poiso, também fonte da Rua Dona Mécia. A outra rua afetada pela divergência no Tribunal foi a rua com mesmo nome que encaminhou a água para a Travessa da Figueira segundo a Rua Bela de São José, que por sua vez foi canalizadora das águas advindas da rotunda da ER207.

O fluxo acumulou-se em toda a extensão da Rua da Praia que recebeu as águas de todas as vias envolvidas no escoamento, determinando-se esta rua como área de acumulação de eventos hídricos. Por tudo isto, a coluna de água nesta rua foi superior a 0,80 metros como indica a figura 40. A localização da maior cota da água na Rua da Praia indica que é aqui que reuniu-se a água provinda da Rua da Calçada e da Rua da Ribeira. Os valores mais baixos encontram-se nas vias que encaminham o fluxo desde as áreas altas (Santo da Serra) até à cidade de Santa Cruz.



**Figura 41 – Observação de fontes de inundação urbana na cidade de Santa Cruz: A – incapacidade de escoamento do sistema pluvial; B- calhas de escoamento obstruídas.**

Passados dois anos, a 30-10-2012, observou-se uma inundação urbana no centro da cidade devido à incapacidade de escoamento da rede pluvial, bem como, pela falta de limpeza das calhas de escoamento (figura41).

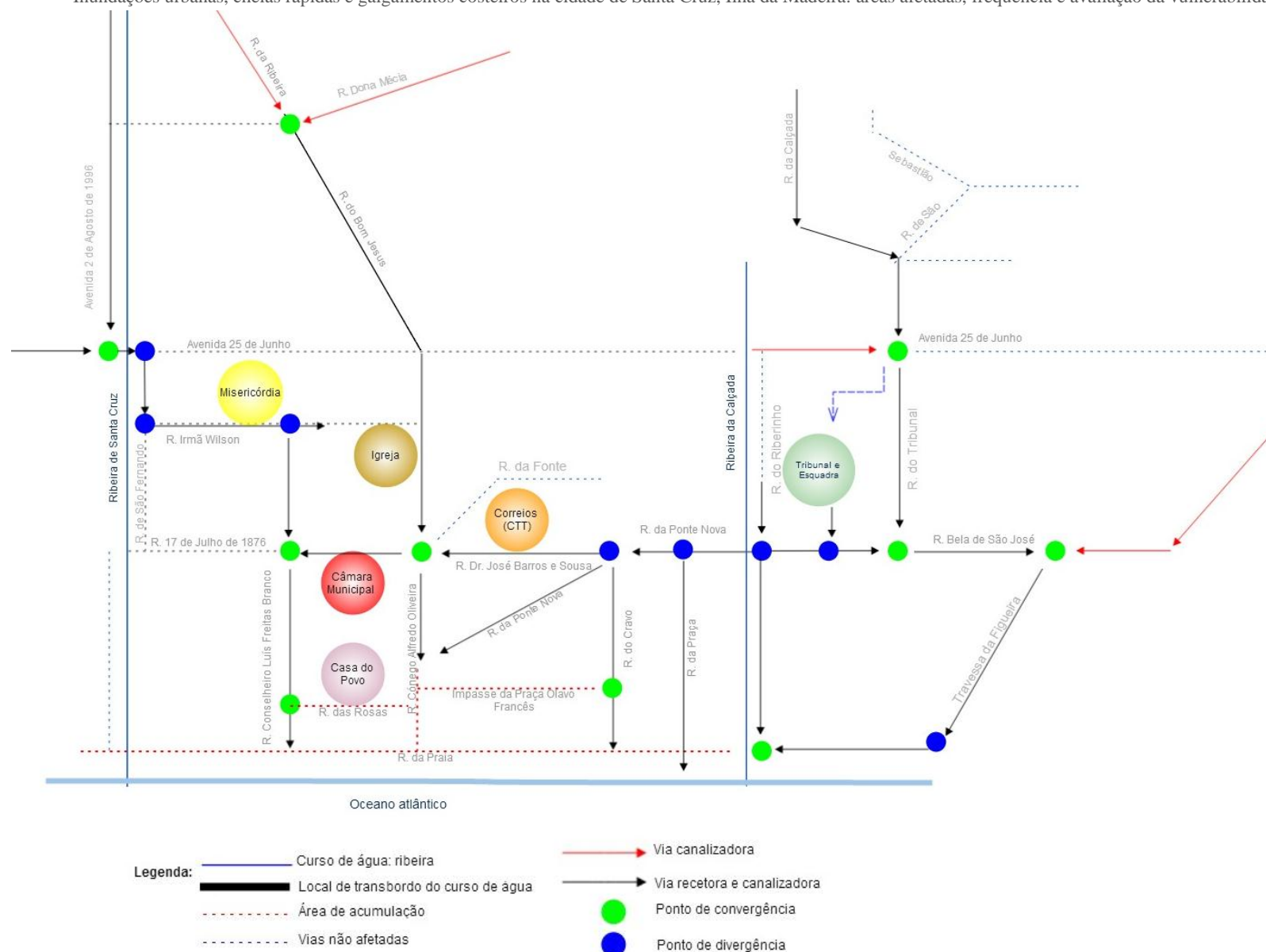


Figura 42 - Escoamento superficial da inundação urbana, 20-02-2010, na cidade de Santa Cruz.



As principais vias afetadas no evento de 30-10-2012 foram a Rua Dr. José Barros e Sousa, Rua 17 de Julho de 1876, Rua Cónego Alfredo Oliveira e a Rua das Rosas.

O evento mais recente deu-se a 1 de março de 2013 com uma precipitação de 33,6 mm, em que as vias inundadas centraram-se na Rua das Rosas e Rua Cónego Alfredo Oliveira.

Pelo que se detetou na área em estudo confirma-se que a área compreendida entre a Rua das Rosas, Cónego Alfredo Oliveira, parte da Rua do Cravo e da Rua da Praia funcionam como área de divergência e convergência do escoamento superficial.

Outro facto relevante, é de que atualmente com 33 mm de precipitação, a cidade de Santa Cruz é alvo de inundação que, em caso do aumento de intensidade do episódio chuvoso aumenta a área inundada. Com este valor e sem escoamento superficial das áreas altas constata-se que o núcleo de formação da inundação dá-se na Rua das Rosas, Rua Cónego Alfredo Oliveira, as quais funcionam como área de acumulação nos cenários de escoamento provindo dos locais com maior altitude.

Ao associar-se a frequência dos eventos, segundo a GTI, com a altura afirma-se que a probabilidade de ocorrência é média, pois com exceção do 20 de fevereiro, as inundações registadas não ultrapassaram os 40 cm.

#### **2.4. Síntese dos eventos hídricos na cidade de Santa Cruz**

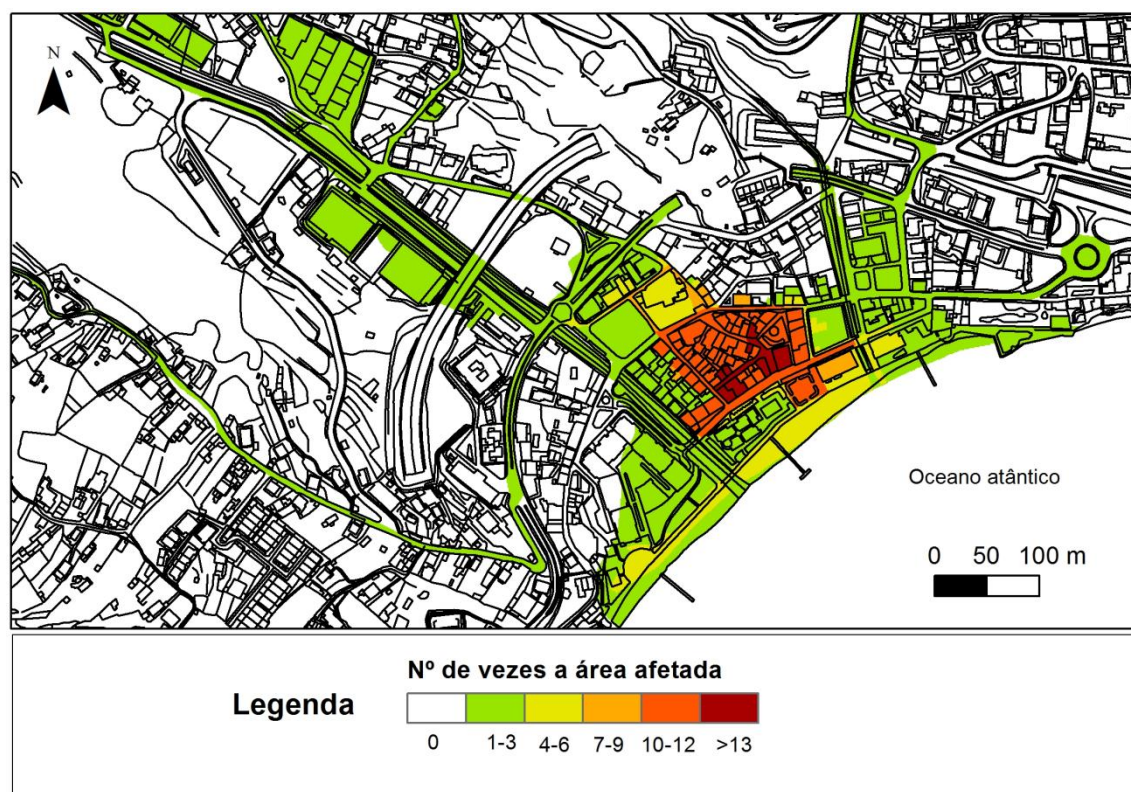
A análise das ocorrências de inundações em Santa Cruz conclui que a área com maior frequência corresponde ao núcleo delimitado pela Rua 17 de Julho de 1876, Rua da Praça, Rua Conselheiro Luís Freitas Branco e Rua da Praia, como é visível na figura 43. Assim, afirma-se que constitui a área de maior suscetibilidade a eventos hídricos.

No que se refere ao tipo de episódio é mais frequente a inundação urbana, registando-se de ano em ano ou de dois em dois.

A explicação das inundações urbanas centra-se na impermeabilização do centro funcional onde formam-se lençóis de água. Outra fonte da inundação urbana é a rede pluvial que a partir dos 33,6 mm diários ultrapassa a sua capacidade. Pelo observado, a inundação urbana com origem na incapacidade da rede pluvial associa-se à falta de limpeza das calhas de escoamento. Por fim, tem-se a inundação urbana com origem em transbordos de cursos de água a montante e nas áreas de maior altitude, como sucedeu a 20 de fevereiro de 2010.

As cheias rápidas dotadas de correntes torrenciais são menos frequentes na cidade de Santa Cruz, registando-se apenas 3 eventos em 171 anos (eventos abrangidos pelo inventário).

Tanto eventos advindos de cheias rápidas como de inundações existe um escoamento superficial (quadro 6) que independentemente da sua origem conflui na área da Rua da Praia, sendo esta a área a que registou maior coluna de água, tanto na cheia rápida de 3-11-1956 como na inundação urbana de 20-02-2010. Dos dois eventos é a cheia rápida que detém os maiores valores, gráfico 4. Logo, é na Rua da Praia onde centram-se os maiores prejuízos.



**Figura 43- Cálculo da frequência de eventos hídricos através do historial (1842-2010) de cheias rápidas, galgamentos costeiros e inundações urbanas 8 na cidade de Santa Cruz**

Ainda no que respeita ao escoamento superficial infere-se que a Praça Padre Gabriel Olavo Francês funciona como área de divergência em cenário de cheia e inundação urbana, sendo de convergência nos galgamentos costeiros.

No cenário de galgamento costeiro apenas interagem como vias de escoamento a Rua da Praia, Rua Conselheiro Luís Freitas Branco, Rua das Rosas, Rua do Cónego

Alfredo Oliveira, Rua da Praça e a Rua do Cravo. Ou seja, todos os eixos transversais a Rua da Praia. Aqui a única via canalizadora é a *promenade*.

O escoamento superficial canalizador na situação de cheia rápida é difícil de definir pois depende do local do transbordo, contudo afirma-se que as vias recetoras/ canalizadoras são: Rua 17 de Julho de 1876, R. Cónego Alfredo Oliveira, Rua do Cravo, Rua da Praça e R. Dr. José Barros e Sousa. A Praça Dr. João Abel de Freitas onde localiza-se a C.M.S.C. é identificada como convergente de água tanto nas cheias rápidas como em inundações urbanas.

Fora do cenário das ocorrências ficam a Rua da Rochinha, a Rua da Fonte, a Travessa da Fontainha, Travessa do Pombal e a Rua de São Fernando.

A ausência desta última rua, São Fernando, das vias de escoamento permite afirmar que o lado ocidental da Ribeira de Santa Cruz após a ER207, não entra nas ocorrências como as inundações urbanas, porém é afetada em cheias rápidas. Nas saídas de campo constatou-se que a muralha da Ribeira de Santa Cruz é maior no lado oriental do que ocidental o que revela que em caso de transbordo a área que será afetada pelo transbordo primeiramente será o lado ocidental (figura 44).

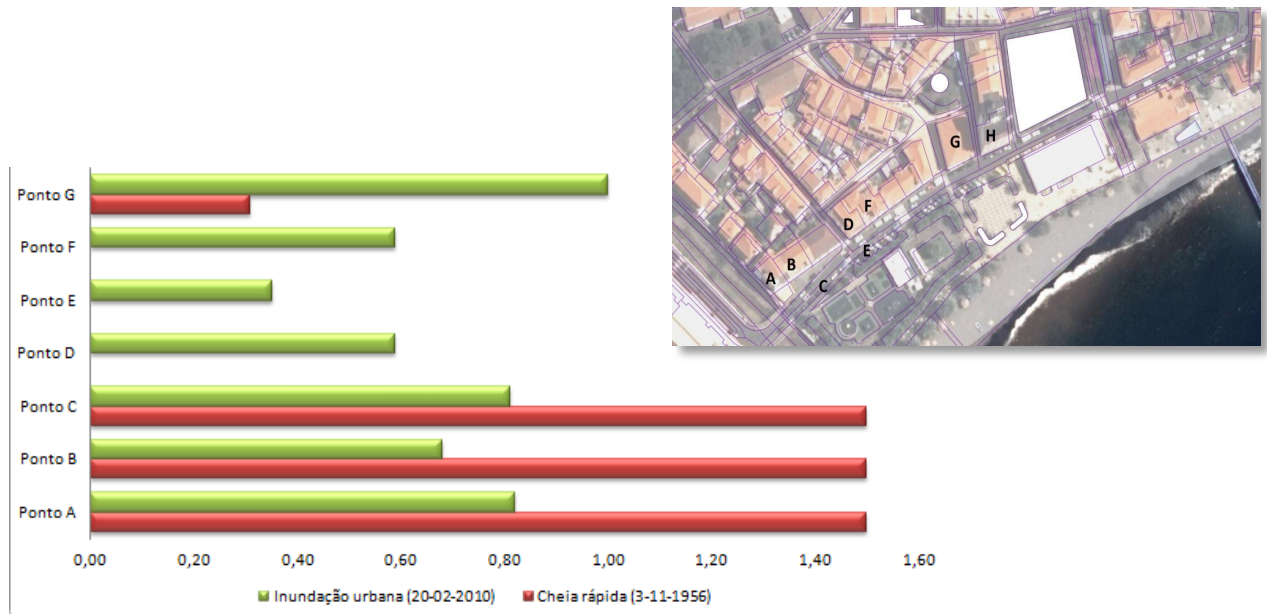


**Figura 44 - Perspetiva da altura das muralhas da Ribeira de Santa Cruz, o lado esquerdo corresponde ao sector oriental e o lado direito ao ocidental**

Tanto o evento de 3 de novembro de 1956 e o de 20 de fevereiro de 2010 são processos raros de acontecer, classificando-se para o século XX o primeiro evento como o mais severo e para o século XXI o segundo.

Outra particularidade comum a ambos os eventos é a de que o material transportado tanto pela ribeira como pelas vias de comunicação tem origem na área rural (montante da cidade).

O material transportado pelas vias de comunicação devido ao longo percurso e energia que adquirir com a declividade degrada os pavimentos das vias, causando prejuízos não em propriedades privadas mas em património camarário.



**Gráfico 4 - Coluna de água na Rua da Praia, segundo pontos de medida, na cheia de 1956 e na inundação urbana de 2010.**



Nome dos Eixos	Comportamento dos eixos como vias de escoamento		
	Cheia rápida	Galgamento Costeiro	Inundação Urbana
R. da Praia	Acumulação e Canalizadora *	Recetora/Canalizadora	Acumulação
R. Conselheiro Luís de Freitas Branco	Canalizadora e Recetora/Canalizadora *	Recetora/Canalizadora	Recetora/Canalizadora
R. das Rosas	Canalizadora e Recetora/Canalizadora *	Recetora/Canalizadora	Acumulação e Canalizadora *
R. 17 DE Julho de 1876	Recetora/Canalizadora	Não afetada	Recetora/Canalizadora
R. Cónego Alfredo Oliveira	Recetora/Canalizadora	Recetora/Canalizadora	Recetora/Canalizadora
Praça Padre Gabriel Olavo Francês	Divergência	Acumulação	Divergência
R. do Cravo	Recetora/Canalizadora	Recetora/Canalizadora	Recetora/Canalizadora
R. da Praça	Recetora/Canalizadora	Recetora/Canalizadora	Recetora/Canalizadora
R. da Ponte Nova	Recetora/Canalizadora	Não afetada	Recetora/Canalizadora
R. do Ribeirinho	Canalizadora	Não afetada	Recetora/Canalizadora
Tv. Da Figueira	Recetora/Canalizadora	Não afetada	Recetora/Canalizadora
R. Bela S. José	Recetora/Canalizadora	Não afetada	Canalizadora e Recetora/Canalizadora *
R. do Tribunal	Não afetada	Não afetada	Recetora/Canalizadora
R. da Rochinha	Não afetada	Não afetada	Não afetada
TV. Da fontinha	Não afetada	Não afetada	Não afetada
R. da Fonte	Não afetada	Não afetada	Não afetada
Tv. Do Pombal	Não afetada	Não afetada	Não afetada
Praça Dr. João Abel de Freitas	Convergência	Não afetada	Convergência
R. Irmã Wilson	Recetora/Canalizadora	Não afetada	Recetora/Canalizadora
Avenida 25 de Junho	Recetora/Canalizadora	Não afetada	Canalizadora
R. da Calçada / das Levadas (a)	Não afetada	Não afetada	Recetora/Canalizadora
R. de São Sebastião (b)	Canalizadora	Não afetada	Não afetada
R. Fabien Burnay (a)	Não afetada	Não afetada	Não afetada
ER207 (a, b)	Recetora/Canalizadora	Não afetada	Não afetada
R. do Janeiro (b)	Não afetada	Não afetada	Recetora/Canalizadora
R. do Cano (b)	Canalizadora	Não afetada	Canalizadora
R. Velha da Terça (b)	Não afetada	Não afetada	Canalizadora
R. de São Fernando	Não afetada	Não afetada	Não afetada
R. da Morena (a)	Não afetada	Não afetada	Canalizadora
Avenida 2 de Agosto de 1996	Canalizadora	Não afetada	Recetora/Canalizadora
R. da Ribeira	Canalizadora	Não afetada	Canalizadora
R. Dona Mécia (a)	Não afetada	Não afetada	Canalizadora
R. do Bom Jesus	Não afetada	Não afetada	Canalizadora e Recetora/Canalizadora *
Promenade	Acumulação	Canalizadora	Acumulação
R. Dr. José Barros e Sousa	Recetora/Canalizadora	Não afetada	Canalizadora e Recetora/Canalizadora *
Nota: Cores correspondem à representação cartográfica			
* Dependendo da origem do evento			
(a) Ligação com o centro funcional			
(b) Não possui ligação direta mas influencia o centro funcional			

Quadro 6 - Síntese do comportamento dos eixos viários como vias de escoamento, segundo o tipo de evento, na cidade de Santa Cruz.

### Capítulo III – Análise espacial da vulnerabilidade de cheias e inundações na cidade de Santa Cruz, na perspectiva funcional

---



### 3. Análise espacial da vulnerabilidade de cheias e inundações na cidade de Santa Cruz, na perspectiva funcional

#### 3.1. Considerações gerais

A equação do risco natural é composta por duas variáveis: o perigo (analisado no capítulo anterior) e a vulnerabilidade.

O conceito de *vulnerabilidade* é complexo, pois integra várias escalas geográficas e diversas questões que podem ser aplicadas numa microescala, exemplo edifício, ou numa escala nacional (ADGER, BROOKS, BENTHAM, AGNEW, & ERIKSEN 2004; LEÓN, 2006; BARROCA, BERNARDARA, MOUCHEK; & HUBERT, 2006). Contudo, ADGER *et al.* (2004) indica que a vulnerabilidade deve de ser definida numa escala local, uma vez que, existe uma perda de informação quando abordada numa escala nacional.

Para além desta complexidade existe outros factores que dificultam a sua definição, tais como, a análise das várias funções dos elementos em risco, bem como, a escala temporal de análise, de curto prazo e/ou longo prazo (BARROCA *et al.* 2006). Outra complexidade apontada é a capacidade dos indivíduos modificar os sistemas urbanos o que complica a avaliação da vulnerabilidade, segundo processos bilaterais (SMITH e O'KEEFE, 1996 citado por ADGER *et al.*, 2004; KASPERSON & KASPERSON, 2001) que caracterizam a vulnerabilidade como dinâmica (CAMPBELL, 1999; LEICHENKO, & O'BRIEN, 2002)

De uma forma geral adotou-se a vulnerabilidade como potencial dano advindo do perigo (TOBIN & MONTEZ, 1997; ALMEIDA, 2007; SANTOS, 2011; MEYER *et al.*, 2011;), estando o prejuízo dependente da severidade. Ou seja, num cenário de mudança repentina (MASKEY, 1993, citado por ALCÁNTARA-AYALA, 2002) ocorre uma perda de resistência dos elementos expostos (ALMEIDA, 2007).

Quer isto dizer que a vulnerabilidade está associada aos elementos de risco (exposição), que correspondem ao “*conjunto de bens pessoais, materiais ou ambientais susceptíveis de serem atingidos ou danificados pelo impacto resultante do evento perigoso em causa*” (ALMEIDA, 2007: 54). Já European Center of Technological Safety (2000) indica como elementos expostos as atividades económicas e serviços públicos, integrando-se não só elementos físicos como atividades antrópicas.

Segundo, LEÓN (2006) a vulnerabilidade pode ser classificada segundo o objeto de estudo, isto é, pode ser física referindo-se as características estruturais da localidade



em estudo; também pode ser funcional onde avalia-se as funções e serviços necessários para funcionamento normal e identifica-se as funções que podem sofrer danos com um determinado perigo; social avaliando-se a capacidade da sociedade segundo o sexo, idade e portador de deficiência; económica quando é calculado os custos advindos do evento; administrativa alude à gestão e execução da rotina administrativa; ou ambiental quando as características biológicas são postas em causa. Numa forma simplista os elementos expostos agrupam-se em bens, atividades funcionais e pessoas que ao interagirem fornecem a vulnerabilidade (LEONE, 1996), figura 45.

Em norma, a análise da vulnerabilidade dos territórios adota uma abordagem quantitativa baseada na avaliação financeira sobre o perigo, recorrendo-se de eventos passados (ALMEIDA, 2007). Porém, MALCZEWSKI (1999); BARROCA *et al.* (2006); DROBNE & LISEC, (2009) afirmam que uma análise qualitativa deve de ser realizada, adaptando-se sempre o método ao cenário.

Na análise quantitativa (valores tangíveis) tem-se, por exemplo, em atenção as características estruturais, como danos em edifícios e estradas (GUILLARD, 2011). Contudo, quando sucede-se um evento não é apenas os elementos físicos que são afetados, o próprio sistema social é interrompido (INDR, 1992; TOBIN & MONTEZ, 1997), não conseguindo-se representar o valor monetário da perturbação (LEONE, 1996).

Esta perturbação é classificada como funcional (GUILLARD, 2011) ou social (SANTOS, 2011). Segundo, LEONE (1996) o dano funcional corresponde ao grau de distúrbio de uma atividade que se associa ao grau de dano estrutural (fatores técnicos) e pessoal (fatores humanos), dependendo de fatores económicos, político-administrativos, socioeconómicos e institucionais, como demonstra a figura 45. Assim, antes de analisarmos o dano funcional tem-se de avaliar o dano estrutural e analisar os fatores para poder-se definir a perturbação. Porém, estes últimos são de difícil quantificação.

É nas áreas urbanas que este tipo de dano é mais acentuado (GUILLARD, 2011). Tal, é fundamentado pela concentração de infraestruturas, equipamentos e população (JHA *et al.*, 2012), que possuem uma determinada influência segundo o lugar que ocupam na rede urbana nacional. Ou seja, os seus elementos podem possuir uma abrangência desde a escala local à nacional (LEONE, 1996)

Quando a influência da área afetada tem uma escala abrangente (superior à local) as perturbações dos eventos transcendem a população da área de ocorrência, afetando indiretamente outros cidadãos (JHA *et al.*, 2012), são exemplos: o corte das vias de

comunicação e fecho de comércio. Tal como os danos estruturais estas perdas funcionais acarretam custos, pois existe uma ausência dos utilizadores das funções urbanas afetadas (LEONE, 1996; GUILLARD, 2011).

Um exemplo de perturbação na vida urbana são as inundações urbanas que segundo OLIVEIRA & RAMOS (2002) em norma caracterizam-se por pequenos volumes de água, exemplo Lisboa, porém inundam estabelecimentos comerciais no rés-do-chão e interrompem a circulação automóvel.

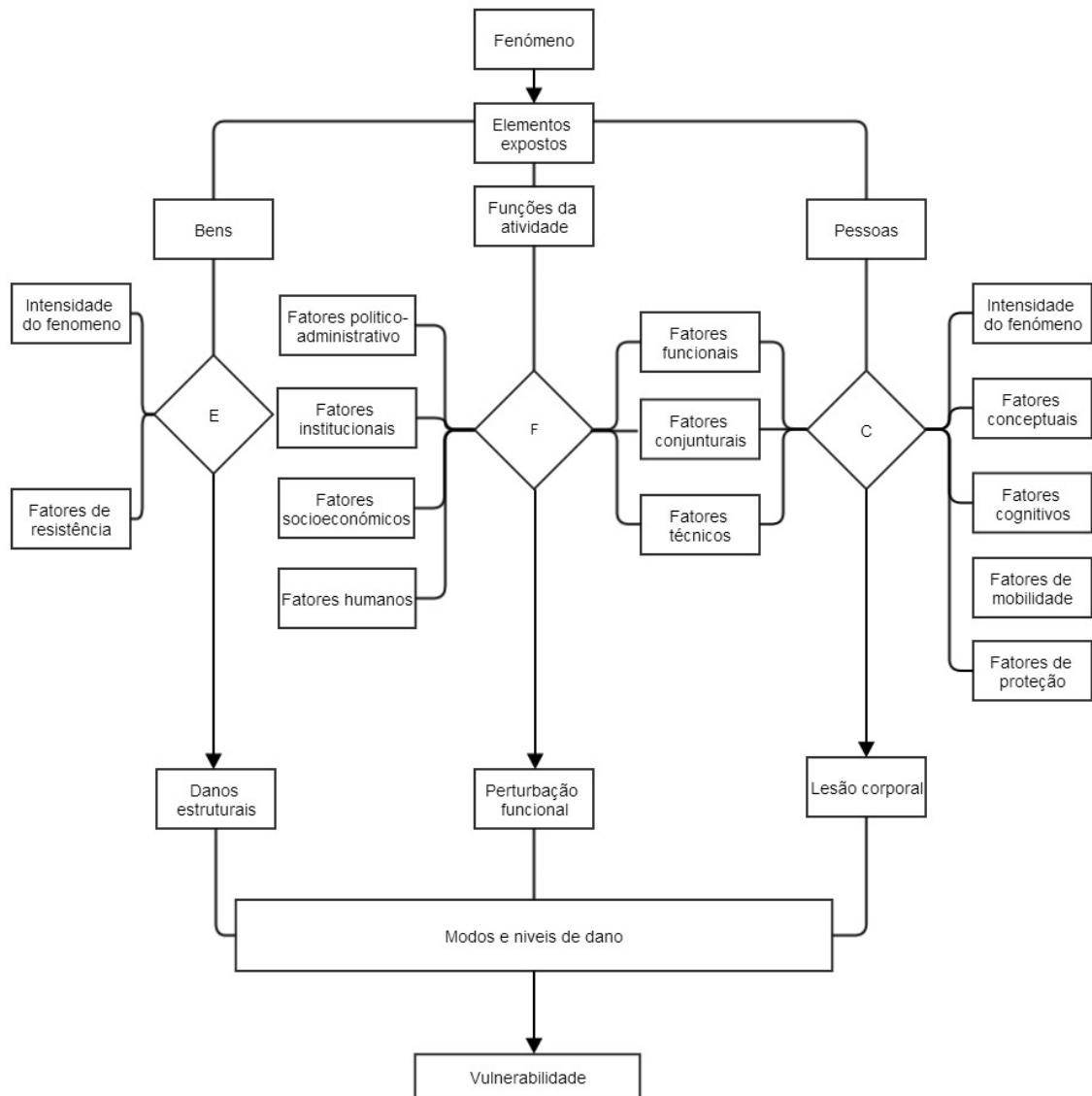


Figura 45 – Componentes da vulnerabilidade (adaptado de LEONE, 1996).

A perturbação funcional já foi mencionada em estudos como LEONE (1996) NEVES (2010); GUILLARD (2011). No primeiro estudo é identificado a perturbação funcional da rede viária advinda dos movimentos de vertentes em localidades da França, através do tempo que a via de comunicação encontrou-se fechada e da contabilização do

número de quilómetros a mais realizado pela população (quadro 7). Abordagem de GUILLARD (2011) foi semelhante porém aplicada em Lisboa. Já o segundo autor citado centra-se no aluvião de 20 de fevereiro de 2010 na Ilha da Madeira, onde conclui que os equipamentos hoteleiros da ilha viram as suas reservas canceladas. Segundo, NEVES (2010) registou-se na semana após do evento hídrico uma média de 20 cancelamentos por dia. Aponta como efeito um possível desemprego de curta duração para a população dependente deste sector que para além de afetada tanto em bens materiais como a nível psicológico vê a sua situação agravada pela falta de procura pelos turistas.

<b>Modos de danos estruturais</b>	<b>Custo médio dos reparos (Kf 1993)</b>	<b>Distúrbios funcionais induzidos</b>
Degradação do pavimento	21,3	Limitação do modelo necessário
Colapso da plataforma ou obstrução da pista de baixo volume (10m <sup>3</sup> )	46.5	Interrupção temporária do tráfego (horas)
Obstrução do pavimento de alto volume (100m <sup>3</sup> )	97	Interrupção prolongada do tráfego (em dias)
Rutura da plataforma	138.2	Interrupção de longa duração do tráfego (em semanas ou meses)

**Quadro 7—Importância dos padrões de danos à rede rodoviária em Diois (adaptado LEONE, 1996)**

Após o evento é necessário assegurar determinadas necessidades, tais como, alimentação, abrigo, primeiros socorros, rede de esgotos, abastecimento de água, ligação viária com outras localidades e manutenção de rendimento (BUCKEL, MARS, & SMALE, 2000). Logo, em caso de inoperância do sistema urbano existirá uma limitação no fornecimento de serviços e outras necessidades após o evento. Esta possível ineficiência, em norma não é contabilizada (BUCKEL *et al.*, 2000).

A recuperação do sistema depende da capacidade de gestão que está associada, maioritariamente, à capacidade das pessoas retomar as suas atividades (BUCKEL *et al.*, 2000; Emergency Management Austrália). Assim, surge um primeiro parâmetro de análise, o tempo. Outro parâmetro é a capacidade física, onde incorpora-se ajuda externa de pessoas e de máquinas. A assistência de especialistas é outro dos parâmetros definidos por BUCKEL *et al.* (2000). Este recurso pode ser de cariz financeiro ou comercial e tem como intuito o acionamento de planos de emergência financeira, pois a

ajuda monetária e orientação económica associa-se diretamente ao grau de dificuldade que a população possui à recuperação.

A ocorrência de fenómenos naturais afeta elementos de propriedade privada, como também os de propriedade pública. Os equipamentos públicos destacam-se só por si por serem vulneráveis, uma vez que, prestam um serviço público (BUCKEL *et al*, 2000). Deste modo, os serviços não podem ser interpretados apenas pela sua exposição (prejuízo direto) mas também pelo seu valor social (prejuízo indireto), uma vez que, após a ocorrência é agravada a vulnerabilidade da população local. Tal demonstra que a vulnerabilidade não é uma variável estática, dependendo do contexto social de cada momento.

Para além de cada elemento possuir vulnerabilidade também possui **resiliência**, ou seja, capacidade de evitar, mitigar e responder ao perigo. Isto é, é a “*capacidade intrínseca de um sistema, um elemento ou comunidade resistir*” (LEÓN, 2006) a um evento externo, conseguindo voltar ao seu estado inicial (BOGARDI, 2006 citado por LEÓN, 2006). Deste modo, define-se o grau de resistência do território a um evento (BUCKEL *et al.*, 2000).

O Emergency Management Austrália acrescenta que o termo resiliência engloba o tempo de recuperação das falhas advindas do evento. Conclui-se que a resiliência é a conjugação das capacidades da sociedade para responder aos danos com o tempo e duração da resposta.

Assim, o “*conceito de vulnerabilidade é complementar do conceito de resiliência dos sistemas face à ocorrência dos eventos*” (ALMEIDA, 2007:56). Outra relação bilateral é a **resistência** que segundo PELLING (2003) é a característica física, psicológica e económica para responder ao perigo, que é interpretado por BOGARDI (2006) citado por LEÓN (2006) como a capacidade para o elemento manter-se imperturbável. Quer isto dizer que se um elemento é vulnerável significa que é pouco resistente, se for resistente a vulnerabilidade é maior (LEÓN, 2006).

Segundo MEYER *et al.* (2011) a análise da vulnerabilidade inicia-se com a identificação cartográfica dos elementos expostos de forma a planear a eficiência da resposta em caso de evacuação. Assim, identifica-se os hot spots.

Numa escala local os elementos expostos devem-se centrar-se no número de edifícios; localização da rede de transporte; rede de distribuição de serviços básicos (água, luz); população (densidade; idade); agricultura (tipo de culturas); economia (produção económica, tipo de atividade); e ecologia (WESTEN *et al.*, 2008). Já a ANPC

caracteriza os elementos segundo o património, infraestruturas urbanas (abastecimento de água), equipamentos de utilização coletiva; agentes de proteção civil; equipamentos de defesa; infraestruturas rodoviárias; infraestruturas ferroviárias; transporte marítimo e fluvial; transporte aéreo; comunicações; energia e combustíveis; rede de gás, rede elétrica; e áreas industriais e armazenamento. No âmbito legal, Decreto-Lei nº 115/2010 de 22 de Outubro, na análise da vulnerabilidade deve-se identificar os edifícios sensíveis, que são: hospitais, lares de idosos, creches, infantários, escolas, quartéis dos bombeiros, polícia de segurança pública.

Para análise qualitativa das potenciais consequências advindas do perigo que perturbam um território é utilizado o método dos pesos para a definição dos diversos graus de vulnerabilidade (MALCZEWSKI, 1999; DROBNE & LISEC, 2009).

A análise da vulnerabilidade do concelho de Tavira realizado por SANTOS (2011) recorreu-se da metodologia de pesos, definindo-os para o âmbito económico e serviços (quadro 8).

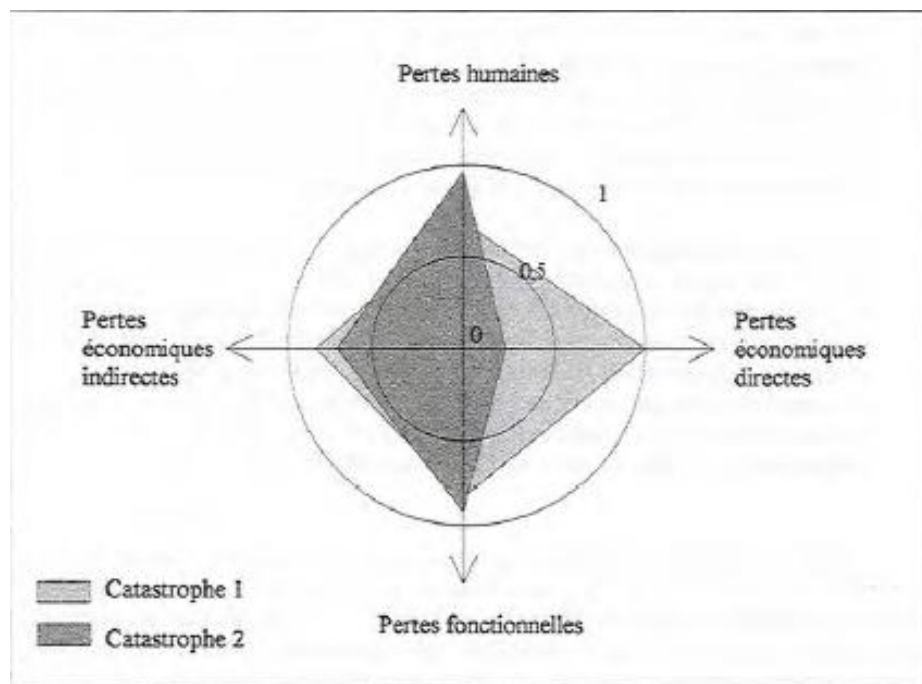


Figura 46 - Visualização da análise quantitativa da vulnerabilidade num dado evento (LEONE, 1996).

Em termos probabilísticos, a vulnerabilidade, é quantificada por zero nos cenários em que não existe qualquer dano nos elementos e por um quando existe uma perda total (LEONE, 1996), figura 47.

A vulnerabilidade surge assim, como a função entre as medidas preventivas e a severidade do perigo (CANTOS, & AYALA-CARCEDO, 2002). Ou seja, entende-se por vulnerabilidade as circunstâncias que um dado território e sua respetiva população possuem diante um determinado perigo (CUTTER *et al.*, 2003). Quer isto dizer, que a vulnerabilidade é criada pelo Homem (REBELO, 2001; CUTTER *et al.*, 2003).

Atribuição de pesos de SANTOS (2011)					
Economia			Elementos expostos		
Sector I	Sector II	Sector III	Restante território	Instalações camarárias	Agentes de proteção Civil
1	2	3	1	2	3

**Quadro 8 - Atribuição de pesos no estudo de vulnerabilidade do concelho de Tavira.**

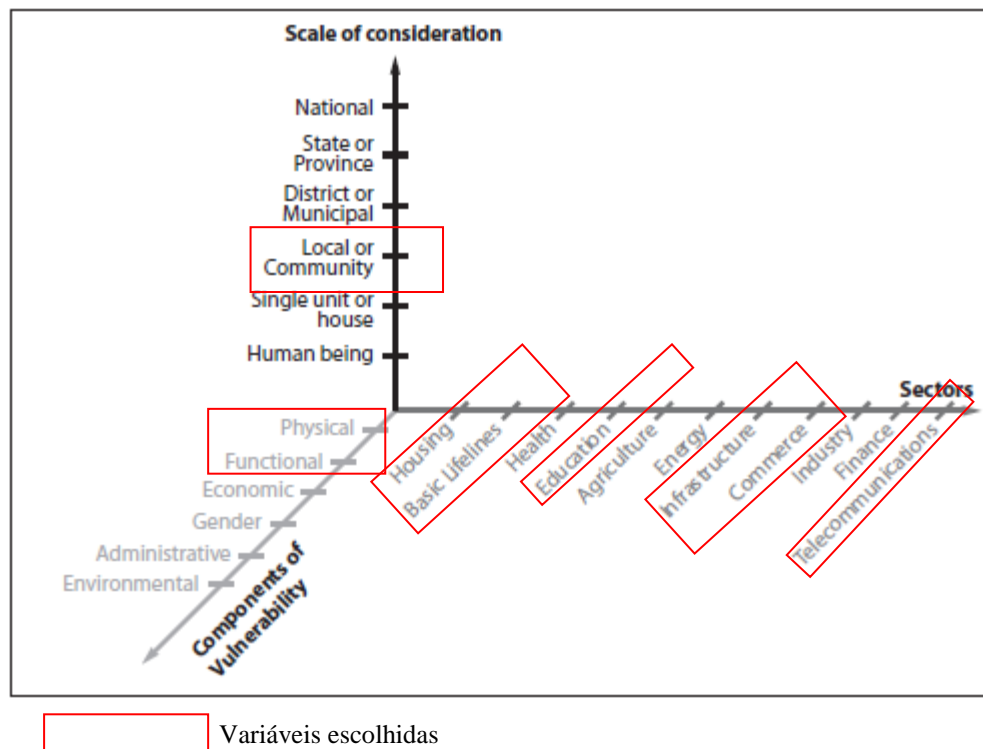
A vulnerabilidade pode ser analisada segundo a ótica social, económica, política e cultural determinando no seu conjunto a magnitude do evento, a resiliência e a recuperação da sociedade após o evento. Ou seja, evidencia as características do território construído, designando-se por vulnerabilidade humana (ALCANTARA-AYALA, 2002), ou vulnerabilidade social dos lugares (CUTTER *et al.*, 2003).

Deste modo, surge a análise da vulnerabilidade que tem como intuito responder as questões: quem é afetado? o que é que é afetado? E qual o grau de severidade? (NEVES, 2010).

### 3.2. Metodologia

A vulnerabilidade pode ser analisada desde o individuo à escala nacional. A área em estudo, cidade de Santa Cruz, enquadra-se na escala local. Assim, adota-se como primeira fase de análise a identificação dos elementos expostos indicados por WESTEN *et al.* (2008) e ANPC (2009), anexo 30, destacando os edifícios sensíveis.

Segundo (LEÓN, 2006) a vulnerabilidade por ser avaliada através de diversos sectores consoante a sua componente. Por exemplo, é possível analisar a vulnerabilidade de uma residência atendendo aos danos na sua estrutura física ou aos prejuízos económicos advindos destes. Deste modo, ao ter-se tal em atenção (figura 48) decidimos adotar para a cidade de Santa Cruz, a componente funcional e física, englobando os sectores: edifícios, linhas de vida ou fornecimento público (água, energia, telecomunicações e drenagem); infraestruturas e comércio.



**Figura 47 - Análise da vulnerabilidade: escala de trabalho, componentes de sectores (LEON, 2006).**

Um dos elementos expostos analisado foi população que se classificou segundo população residente e presente, como consta nos últimos censos (2011). Após a classificação correlacionou-se a localização da população com a frequência dos eventos passados de modo a ter-se a perceção de qual a área com maior probabilidade de ser afetada. Para identificar a falha da rotina diária de um cidadão decidiu-se correlacionar a localização com a coluna de água de 20-02-2010.

Outros elementos analisados foram os edifícios através da contabilização do número total e da realização do levantamento funcional.

Para atividade económica, pormenorizou-se a classificação da atividade, segundo o INE. Após esta classificação, adotou-se atribuição de pesos de SANTOS (2011) para os setores económicos, que define o peso 1 para o sector primário, o peso 2 para o sector secundário e o peso 3 para o terciário. Nesta classificação introduziu-se o zero correspondente à inexistência de atividade económica. Após classificados os elementos segue-se para análise da frequência dos eventos hídricos, associando-se a altura da coluna de água do evento de referência 20-02-2010, sempre que possível. Esta abordagem tem como resultado a correlação de coluna de água com a frequência, de forma a analisar-se o tipo de disfunção das atividades.



As vias de comunicação foram identificadas, segundo Decreto Legislativo Regional n.º 1/2013/M da R.A.M, onde consta as vias com importância regional dividindo-se na principal (via-rápida) e complementar (antigas estradas). Nesta classificação segue-se a estradas municipais e os arruamentos urbanos. Estes últimos foram divididos consoante o tipo de tráfego, ou seja, automóvel ou pedonal. Tal justifica-se pela importância que cada via possui na dinâmica da cidade, sendo diferente em eventos hídricos.

Para as vias de comunicação adotou-se a abordagem de LEONE (1996), figura 49, onde é atribuído pesos em correlação com os danos estruturais.

Rede Rodoviária		Dados estruturais			
		D1	D2	D3	D4
Perturbações funcionais	P0				
	P1				
	P2				
	P3				
	P4				

	Probabilidade zero / muito baixa
	Probabilidade baixa a média
	Probabilidade forte a muito forte

D1: Degradação do pavimento
D2: Colapso da plataforma
D3: Obstrução da via
D4: Rutura da plataforma
P0 Sem interrupções
P1 Limitação do modelo
P2 Interrupção momentânea do tráfego (horas)
P3 Interrupção prolongada do tráfego (em dias)
P4 Interrupção duradora ou cessão do tráfego (semanas ou meses)

Figura 48- Relação entre os danos estruturais e perturbação funcional de uma rede rodoviária (adaptado LEONE, 1996).

Os serviços públicos também foram analisados como sucedeu-se com os demais elementos. Primeiramente classificou-se estes segundo pesos. Os serviços associados a agentes de proteção civil atribui-se 3, como efetuado por SANTOS (2011). O peso 2 corresponde aos serviços camarários e públicos, e o 1 ao restante território. Como sucedeu-se com atividade económica correlacionou-se a localização dos serviços (rua) com a frequência e altura da água no evento de 20-02-2010, obtendo-se o grau que o serviço é afetado.

O método abordado pretende com os dados possíveis, frequência das ocorrências e altura da coluna água, estimar a vulnerabilidade funcional, apresentando-se como uma proposta de análise, figura 50.

De forma a correlacionar a altura da água com a frequência das ocorrências adotou-se a operação binária (multiplicação), *Frequência das ocorrências* × *Coluna de água*. Esta correlação traduz a lógica de que se pode registar eventos hídricos num determinado local, contudo se não apresentou coluna de água em 2010 não possui

prejuízos, logo, não apresentou nenhuma disfunção da atividade. Assim, não interessa para a proposta de vulnerabilidade funcional.



Figura 49 - Componentes da proposta de análise da vulnerabilidade funcional.

Para a multiplicação das variáveis atribuiu-se percentagem às classes. Esta distribuição teve em atenção o prejuízo causado pela coluna de água. Ou seja, quanto maior a altura de água maior os prejuízos associados, assim para a classe inferior a 40 cm atribui-se 20 por cento; seguindo-se 30 por cento para classe de 40 a 80 cm e os 50 por cento para a classe superior a 80cm.

Altura da água	Frequência de eventos hídricos				
	Muito fraco	Fraco	Médio	Elevado	Muito elevado
<40					
40-80					
>80					

Quadro 9 - Matriz do produto da frequência de eventos hídricos com a coluna de água de 20-02-2010.

A frequência dos eventos hídricos (100 por cento) dividiu-se em 5 por cento para a classe muito fraca; 10 por cento para a classe fraca; 15 por cento destinou-se à probabilidade média; 30 por cento corresponde à classe elevada; e por fim os últimos 40 por cento destinaram-se à classe muito elevada.

O produto da relação efetuada, deu origem a uma matriz de classificação dos diferentes graus de perturbação funcional, quadro 9.

No que se refere às consequências funcionais adotou-se a abordagem de LEONE (1996), quadro 10. Destaca-se que para a presente análise a severidade da ocorrência corresponde à quantidade de água presente, ou seja, a sua profundidade nos elementos e consecutivos prejuízos. Para avaliação da severidade adotou-se os valores de SANTOS (2011), uma vez que, traduz com maior eficácia os valores registados no evento de referência, a inundação urbana de 20-02-2010.

A decisão do evento de referência pela inundação urbana de 20 de fevereiro de 2010 centra-se no facto de ser o evento mais recente o que permitiu uma recolha de cotas de água mais fiável do que eventos mais distantes, bem como, pelo grau de prejuízo que registou.

	Natureza dos elementos expostos	Severidade do dano	Modos de danos	Taxa de dano
	Económica	I	Desaceleração na atividade	0,1-0,5
Funções		II	Inatividade temporária	0,4-0,9
		III	Encerramento	1
	Habitação social	I	Sem abrigo temporário (relocação provisória)	0,5
		II	Sem abrigo final (deslocalização)	1
		I	Desemprego temporário (dias ou semanas)	0,28
	Emprego	II	Desemprego duradouro (alguns meses)	0,75
		III	Perda do emprego	1
	Transporte- comunicação- distribuição	I	Diminuição do tráfego (para estradas e ferrovias)	0,2
		II	Limitação do modelo (para estradas e ferrovias)	0,4
		III	Interrupção momentânea (em horas)	0,6
		IV	Interrupção prolongada (em dias)	0,8
		V	Interrupção duradoura (em meses) ou definitiva	1
	Outros	I	Perdeu provisoriamente	0,5
		II	Perdeu permanentemente	1

**Quadro 10 – Análise da perturbação funcional por natureza de elementos expostos em correlação com a intensidade do evento (adaptado LEONE, 1996)**

Devido o estudo decorrer num período de tempo restrito não aplicou-se inquéritos à população afetada, tendo sido realizada apenas contactos com alguns cidadãos para título indicativo, de forma a completar a informação conseguida na saída de campo.

Para a análise da perturbação do sistema urbano de Santa Cruz aos eventos hídricos recorreu-se do cenário dos eventos mais recentes, sendo estes o de galgamento costeiro (02-02-2010) e de inundação urbana (20-02-2010; 30-10-2012; 01-03-2013) de forma a estimar futuros danos advindos da perigosidade do território a eventos hídricos: inundações urbanas e galgamentos costeiros.

### **3.3. Caso de estudo: Cidade de Santa Cruz**

A cidade de Santa Cruz, sede concelhia do município de Santa Cruz, possui uma influência funcional à escala municipal, devido aqui centrar-se serviços públicos como: tribunal, finanças, casa da cultura, câmara municipal e escola secundária.

Na escala local (freguesia) a sua influência centra-se em serviços como, correios, bancos, segurança social, centro de saúde, junta de freguesia e escola de 2º e 3º ciclo.

No que se refere ao tecido comercial este classifica-se como tradicional estando os estabelecimentos predominantemente localizados no rés-do-chão dos edifícios. Já nos andares superiores estão as residências.

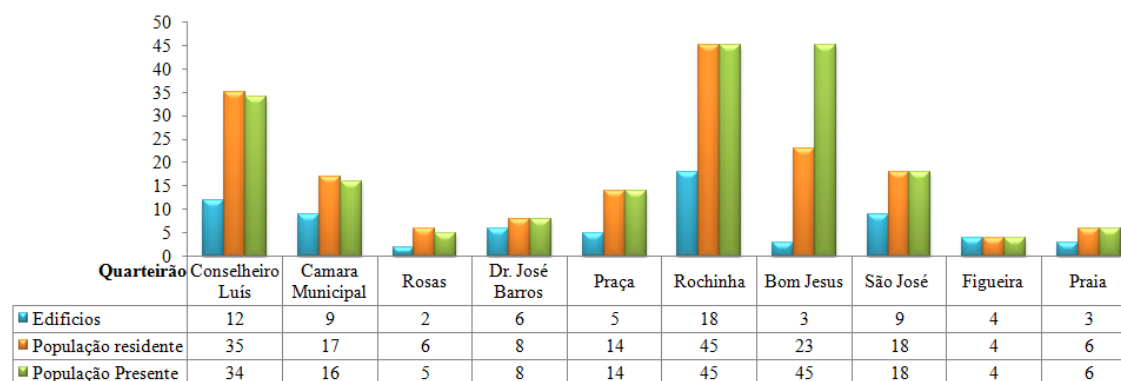
Segundo DANTAS (2012) o fluxo de movimento de pessoas localiza-se “na parte baixa da cidade”, ou seja, no centro funcional. Deste modo, sabe-se que em caso de ocorrências de eventos naturais é no centro onde a inoperância temporária do sistema urbano causará maior incómodo à população.

Devido à delimitação da área para expansão urbana a cidade desenvolveu-se segundo o percurso das ribeiras, fixando nesta os equipamentos públicos. Quando observado a figura 51 conclui-se que os edifícios sensíveis, as escolas, PSP localizam-se nas margens dos principais cursos de água, com exceção do quartel dos bombeiros e centro de saúde. Existem outros elementos de relevância aqui fixados, como é exemplo a unidade hoteleira localizada na antiga foz de cheias rápidas e o bloco de apartamentos na Avenida 2 de Agosto de 1996, que ocupa o percurso natural da ribeira, como verificado no capítulo anterior no ponto 2.2.

Na linha de costa não situa-se nenhum edifício sensível, localizando-se aqui a unidade hoteleira acima referenciada, espaços de lazer e restauração. Apesar de não ser classificados como elementos sensíveis tem-se a marginar a linha de costa o mercado municipal, as piscinas municipais e a casa da cultura, suscetíveis a sofrerem danos em caso de agitação marítima.

A cidade de Santa Cruz é atravessada por dois eixos viários de importância regional, a Via-rápida (VR1) e a Estrada Regional 207 (ER207) que ligam a cidade a concelhos vizinhos, Funchal e Machico. Na hierarquia urbana segue-se as estradas municipais, que em norma ligam o centro da cidade às áreas mais altas da freguesia/concelho (figura 52). Atendendo que a inundação de 20-02-2010 originou-se do escoamento superficial advindo das zonas altas, pode se afirmar que são as estradas municipais as responsáveis pela canalização da água de inundação.

Em 2011 o centro funcional da cidade de Santa Cruz era habitado por 176 indivíduos, contudo, a população presente era de 195 cidadãos. A população presente deve-se sobretudo à presença do centro de dia / lar de idosos no quarteirão Bom Jesus, gráfico 5. Já a área de cariz residencial centra-se no quarteirão da Rochinha com 45 habitantes e no quarteirão Conselheiro Luís com 35 residentes.



**Gráfico 5 - Caracterização por quarteirão de edifícios, população residente e presente do centro funcional de Santa Cruz.**

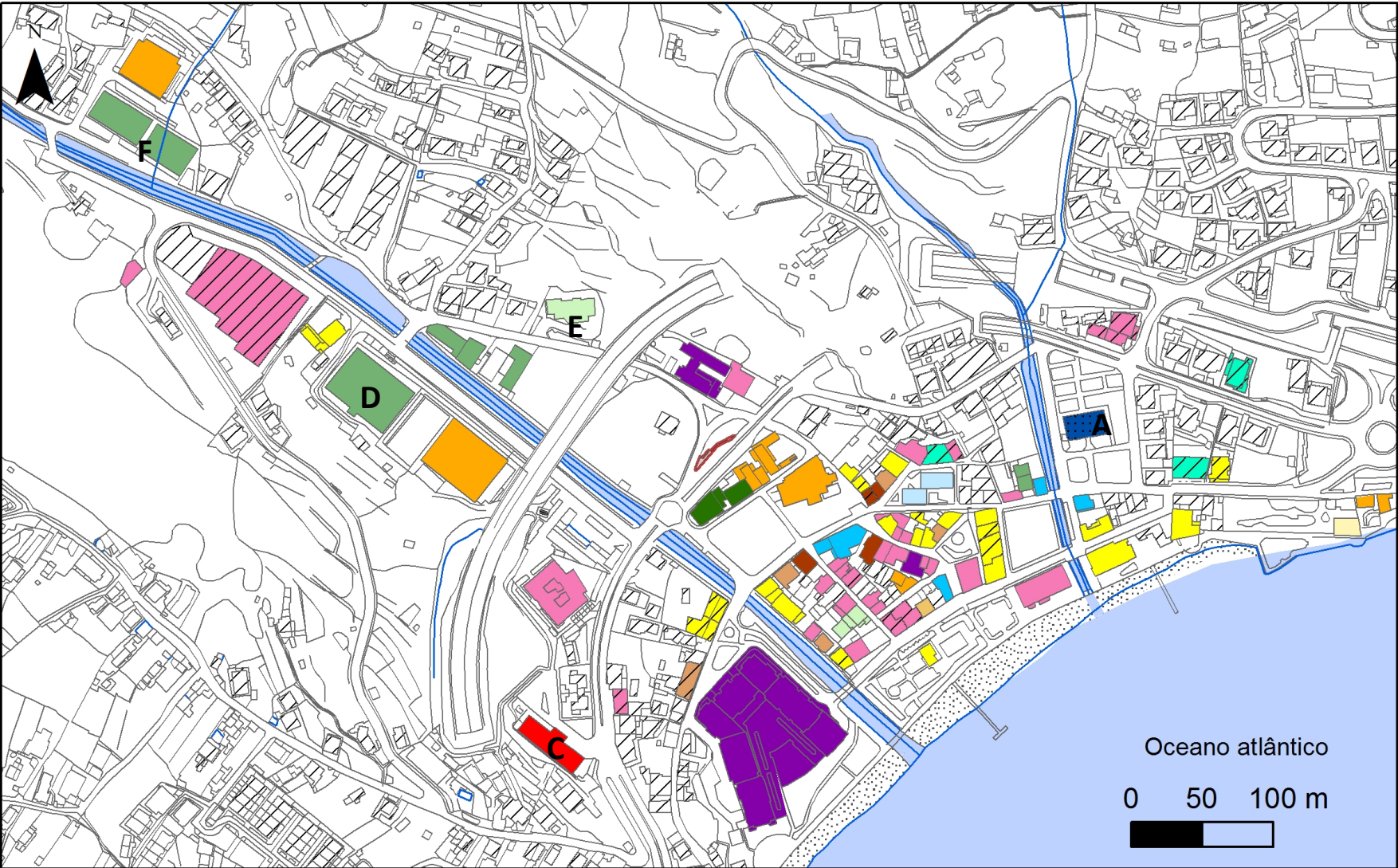
Os serviços públicos, quadro 11, encontram-se distribuídos por toda a cidade ficando fora do seu centro funcional, os bombeiros, centro de saúde e escolas.

No centro histórico observa-se os serviços camarários: a Câmara Municipal de Santa Cruz (Rua 17 de Julho de 1876), Casa do Povo (Rua das Rosas) e gabinetes de apoio camarário (Rua Cónego Alfredo Oliveira; Rua Ponte Nova e Rua Bela de São José). Estas ruas são definidas em caso de inundação urbana como recetoras e canalizadoras, excetuando a Rua das Rosas que pode funcionar como canalizadora ou área de acumulação, como sucede na Rua do Cónego Alfredo Oliveira a partir do cruzamento com a Rua das Rosas.

Os serviços públicos como as escolas localizam-se na Avenida 2 de Agosto de 1996 que se comportam em caso de inundação urbana como via recetora e canalizadora, contudo em caso de cheia rápida são canalizadoras.

A observação do quadro 11 permite afirmar que os serviços públicos que possuem maior probabilidade de serem afetados são os serviços camarários. Segue-se o correio (CTT) que ou é afetado diretamente pela inundação ou é impedido o seu exercício pela inundação da rua.





Função dos elementos urbanos de Santa Cruz		
<b>Agentes de Proteção Civil</b> <div><div></div> Quartel dos bombeiros</div> <div><div></div> Polícia de Segurança Pública (PSP)</div>	<b>Equipamentos de utilização coletiva</b> <div><div></div> Centros de dia e lares de idosos</div> <div><div></div> Equipamentos escolares</div> <div><div></div> Equipamentos de Saúde</div> <div><div></div> Equipamentos culturais, desportivos e religiosos</div> <div><div></div> Atividades das organizações associativas</div>	<b>Atividades administrativas e dos serviços de apoio</b> <div><div></div> Órgãos públicos (cartório, finanças etc)</div> <div><div></div> Tribunal</div> <div><div></div> Serviços Camarários</div> <div><div></div> Correios</div>
<b>Alojamento, restauração e similares</b> <div><div></div> Restauração e similares</div> <div><div></div> Unidades hoteleiras</div>	<b>Comércio por grosso e retalho</b> <div><div></div> Comercio a retalho</div>	<b>Atividades financeiras</b> <div><div></div> Bancos</div>
<b>Energia e combustíveis</b> <div><div></div> Gasodutos</div>	<b>Alojamento</b> <div><div></div> Residencia</div>	<b>Transporte</b> <div><div></div> Interfaces de transporte</div>
<b>Outras atividades e serviços</b> <div><div></div> Outras atividades de serviços pessoais</div>	<b>Edifícios sensíveis</b> <div><div>A – Tribunal e PSP; B- Creche; C- Quartel dos Bombeiros; D – Escola Básica e Secundária de Santa Cruz; E – Centro de Saúde; F – Escola EB1 de Santa Cruz.</div></div>	

Figura 50 - Identificação e classificação dos elementos expostos na cidade de Santa Cruz.



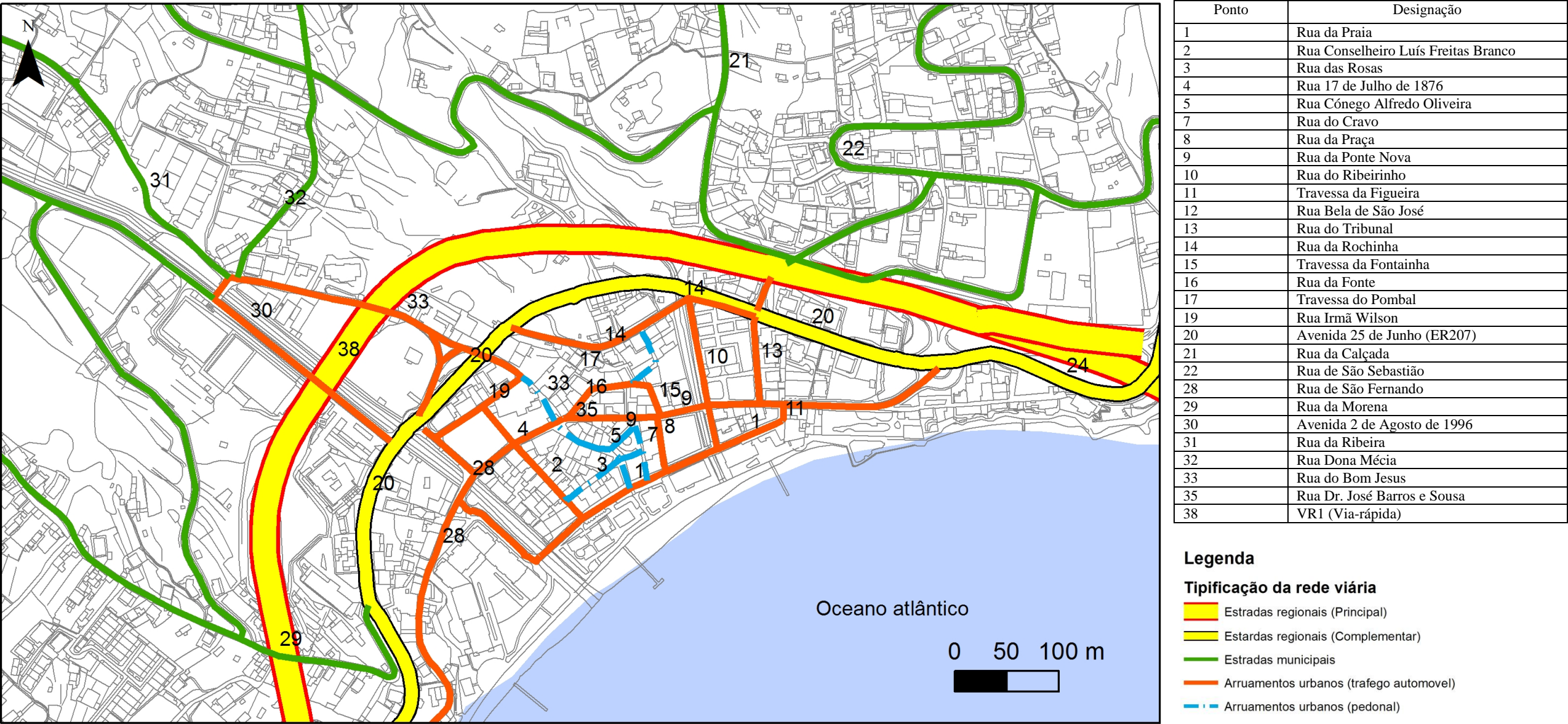


Figura 51- Classificação dos eixos rodoviários da cidade de Santa Cruz.

As escolas ocupam o terceiro serviço de maior possibilidade de ser afetado. A particularidade deste serviço é o estado de alerta em episódios chuvosos, pois quando o caudal sobe até altura dos tubos de descarga da rede pluvial a escola fecha e evacua os alunos por precaução.

Serviços de públicos		Frequência de eventos hídricos
Nome da via	Descrição	
Rua das Rosas	Casa do Povo	>13
Rua 17 de Julho de 1876	Camara Municipal de Santa Cruz	10-12
Rua Cónego Alfredo Oliveira	Gabinete municipal de desporto	>12
Rua da Ponte Nova	Creche; Gabinete municipal de ambiente e ordenamento do território	1-3 (Edifícios) 4-6 (Rua)
Rua do Ribeirinho	Tribunal e PSPS	1-3
Rua Bela de São José	Gabinete municipal de ambiente e ordenamento do território; Casa da Cultura; Finanças	1-3
Rua do Tribunal	Tribunal e PSP	1-3
Rua da Fonte	Cartório	0
Avenida 25 de Junho (ER207)	Bombeiros e Segurança Social	1-3 (Bombeiros)
Avenida 2 de Agosto de 1996	Escolas	1-3 (Edifícios) 4-6 (Rua)
Rua da Ribeira	Piscinas municipais	1-3
Rua do Bom Jesus	Centro de Saúde	0 (Edifício) 4-6 (Rua)
Rua Dr. José Barros e Sousa	Correios	7-9 (Edifício) 10-12 (Rua)

**Quadro 11- Localização dos serviços públicos segundo via de comunicação correlacionando a frequência dos eventos hídricos.**

Quando correlaciona-se os dados da frequência nos serviços públicos, quadro 11, com a coluna de água do 20-02-2010, quadro 12, conclui-se que os serviços com maior dano estrutural são a Casa do Povo e o gabinete municipal (cruzamento entre a Rua do Cónego Alfredo Oliveira e Rua da Praia).

No que se refere à localização populacional quando associada com a frequência de eventos hídricos no centro funcional averigua-se que é na Rua das Rosas, figura 53, que a população é mais vezes afetada e onde os prejuízos de eventos hídricos são maiores, uma vez que, aqui com um episódio chuvoso de 156,7 mm diário, registou-se uma altura de 90 centímetros, quadro 12. Esta rua em norma é atingida sempre que se sucede um evento chuvoso superior a 33, 6 mm como sucedeu a 3-01-2013, onde a coluna de água atingiu os 16 centímetros, inundando as residências que possuem a situação III na medida de coluna de água.





**Figura 52- Inundação urbana na Rua das Rosas a 01-03-2010 (A) em comparação com o evento 20-02-2010 (B).**

No que se refere ao quarteirão do Bom Jesus onde se localiza a Santa Casa da Misericórdia sabe-se que o edifício foi afetado 4-6 vezes, sendo a rua mais vezes afetada entre 7 a 9.

A via de comunicação que registou mais de 12 eventos hídricos é a Rua da Praia, onde localiza-se vários estabelecimentos comerciais: restauração, farmácia, serviço público (casa da luz) entre outros serviços. A quantidade de água observada no 20 de fevereiro de 2010 variou entre os 0,59 a 1,00 metro, tal deve-se a esta área tanto em cheias rápidas como em inundações urbanas (com escoamento superficial de áreas altas) operar como área de acumulação. Deste modo, os estabelecimentos aqui presentes possuem maiores danos advindos de eventos hídricos com uma quantidade de água superior as soleiras de porta.

Outra via afetada é Conselheiro Luís Freitas Branco. A presente rua por ser uma via transversal à Rua das Rosas e possuir ligação com a Rua da Praia possui uma frequência superior a 10 eventos. A água na inundação urbana de 20-02-2010 nesta via variou entre os 59 centímetros aos 8 centímetros, sendo os valores menores localizados no fim da rua (cruzamento com a Rua 17 de Julho de 1876). Esta rua caracteriza-se por possuir a função de residência, comercio, prestação de serviços bancários e serviço de saúde privado. Destaca-se a presença do serviço de saúde, policlínica de Santa Cruz, que no evento de 20-02-2010 foi afetada com 0,25 cm de água tendo que encerrar o seu funcionamento.

Os arruamentos urbanos no centro funcional de Santa Cruz não registaram destruição de pavimento (D1), porém as vias ficaram obstruídas devido à lama e água

(D3) refletindo-se na interrupção momentânea do tráfego (P2). Tal cenário segundo LEONE (1996) indica que existe a probabilidade forte a muito forte em cenários futuros de suceder-se uma perturbação funcional da rede viária, isto é, menos utilizadores. A taxa de dano correspondente a este cenário é de 0,6.

Para as vias de acesso ao centro como são exemplo Rua da Ribeira, Rua da Calçada, a probabilidade de perturbações funcionais é média, pois registaram degradação do pavimento (D1) existindo uma interrupção momentânea do tráfego (P2). A ausência de uma rápida intervenção no pavimento da via reflete-se num custo não contabilizado para os cidadãos. Este custo associa-se aos elementos do automóvel, exemplo, pneus. Outro custo refere-se com a quilometragem extra se o agente social decidir procurar um percurso em melhores condições.

Ainda na Rua da Ribeira (área mais a norte) sucedeu-se uma rutura da plataforma da ponte (D4) e uma interrupção de longa duração, semanas (P4), logo a perturbação funcional foi maior do que as restantes, uma vez que levou ao isolamento da população ali residente, possuindo uma taxa de dano de 1.

Um outro eixo viário que registou uma elevada disfunção no sistema urbano da cidade de Santa Cruz foi a ER207, onde a via esteve obstruída por lamas e água (D3) advinda da cheia rápida da Ribeira do Moreno. Aqui o cenário foi de uma interrupção do tráfego por dias (P3), correspondendo a uma taxa de dano de 0,8.

Todo isto traduziu-se numa desaceleração da atividade económica, como relatado no ponto 3.3.1. Devido a não se realizar uma inquirição direta à população afetada não se sabe se existiu algum encerramento definitivo de estabelecimentos comerciais e consequentemente perda de emprego.

O realojamento no centro funcional apenas deu-se para uma família (Rua das Rosas), existindo na sua maioria um pedido de ajuda para bens afetados no interior das residências.

Quarteirão	Nome	Frequência de eventos hídricos	Coluna de água a 20-02-2010 (Cota mais alta)
<b>Rua da Praia</b>	Conselheiro Luís	<b>1-2 (sector ocidental)</b> <b>10-12 (sector oriental)</b>	<b>0,82</b>
<b>Rua Conselheiro Luís Freitas Branco</b>			0,59
<b>Rua 17 de Julho de 1876</b>			0
<b>Ribeira de Santa Cruz</b>			0
Rua Conselheiro Luís Freitas Branco	Camara Municipal	10-12	0,48
Rua 17 de Julho de 1876			0,11
Rua das Rosas			<b>0,90</b>
Rua Cónego Alfredo Oliveira			0,61
Rua das Rosas	Rosas	> 12	0,90
Rua Conselheiro Luís Freitas Branco			0,59
Rua Cónego Alfredo Oliveira			<b>1,00</b>
Rua da Praia			<b>1,00</b>
Rua Cónego Alfredo Oliveira	Dr. José Barros	10-12	<b>0,48</b>
Rua Dr. José Barros e Sousa			0,21
Rua Ponte Nova			0,26
Rua Cónego Alfredo Oliveira	Praça	10-12	<b>1,00</b>
Rua Ponte Nova			0,26
Rua da Praça			<b>1,00</b>
Rua da Praia			<b>1,00</b>
<b>Rua Dr. José Barros e Sousa</b>	Rochinha	<b>1-2 e 3-5 (Ponte Nova)</b> <b>6-9 (Edifício dos correios)</b> <b>10-12 (Rua Dr. José Barros e Sousa)</b>	<b>0,26</b>
<b>Rua Ponte Nova</b>			0,21
<b>Rua da Rochinha</b>			0
<b>Rua do Ribeirinho</b>			0,13
<b>Rua do Bom Jesus</b>			
<b>ER207 (Avenida 25 de Junho)</b>			
<b>Rua do Bom Jesus</b>	Bom Jesus	<b>1-2</b> <b>3-5 (Edifício da Misericórdia)</b> <b>6-9 (Rua Irmã Wilson)</b>	
<b>ER207 (Avenida 25 de Junho)</b>			
<b>Rua 17 de Julho de 1876</b>			<b>0,11</b>
<b>Rua de São Fernando</b>			
Rua Bela de São José	São José	1-2	0,12
ER207 (Avenida 25 de Junho)			
Rua do Ribeirinho			<b>0,13</b>
Rua Bela São José	Figueira	1-2 (quadrante norte) 3-5 (quadrante sul)	0,12
Rua do Ribeirinho			
Rua da Praia			
Travessa da Figueira			<b>0,66</b>
Rua da Praia	Praia	<b>1-2 (Rua Bela de São José); 3-5 (Promenade)</b> <b>&gt; 12 (Rua da Praia)</b>	<b>1,00</b>
Promenade			
Rua Bela de São José			0,12

**Quadro 12 - Correlação de frequência coluna de água (20-02-2010) por quarteirão.**

### **3.3.1 Descrição de galgamentos costeiros e inundações urbanas, uma abordagem funcional.**

O galgamento costeiro e consequentemente inundação urbana de 02-02-2010 (quadro 13) resultaram no fecho da Rua da Praia, que por sua vez, impossibilitou a circulação automóvel na Rua Conselheiro Luís Freitas Branco por ter entrada apenas pela R. da Praia. Associado a este facto tem-se a diminuição de clientes nos estabelecimentos da Rua da Praia e áreas adjacentes, tal é explicado por se centrar nesta rua a maior parte do estacionamento com acesso ao centro funcional, bem como, pelo dia da semana que ocorreu, segunda-feira. Uma outra consequência foi a destruição de elementos públicos na promenade, bem como, um cenário de fúria perante os turistas hospedados na Vila Galé, que poderá ter ocasionado um sentimento de insegurança.

Logo ao evento os serviços camarários acionaram os funcionários e os bombeiros para limpeza das vias, observando-se a situação normalizada no dia seguinte, 03-02-2010.

No dia 20 de fevereiro de 2010 o fluxo hiperconcentrado invadiu a cidade de Santa Cruz, refletindo-se no fecho das vias de comunicação à circulação automóvel, e consequentemente, o encerramento dos estabelecimentos comerciais, figura 54 e quadro 13. Devido á cheia rápida da Ribeira do Moreno as ligações rodoviárias foram impedidas entre cidade de Santa Cruz e sector oriental (aeroporto). Este acontecimento a par, do corte da via rápida devido á formação de lençóis de água, resultou num isolamento da cidade durante o dia de sábado.

As ações de limpeza começaram logo após o evento com o apoio de 12 empresas privadas, uma vez que, veículos e materiais camarários foram afetados com a cheia da ribeira da Boaventura, não pertencente à área de estudo. Deste facto ressalta custos monetários extras para a C.M.S.C. e para as empresas privadas, pois por ser fim-de-semana a sua atividade estava encerrada tendo que reabrir acrescentando custos e alteração de rotina de funcionários.

Tanto a cheia rápida da ribeira da Boaventura e do Moreno traduziram-se numa alteração do percurso da população para chegar à cidade de Santa Cruz. A população que vivia no sector oriental registou uma alteração no percurso de automóvel durante 4 dias. Esta alteração traduziu-se em mais 3 km do que habitual, desde a entrada da via rápida até à cidade de Santa Cruz. Este aumento poderia ser apenas de 2,6 km, porém a



alternativa da Antiga Estrada do Aeroporto (Boaventura) foi também afetada por uma cheia rápida.

Neste cálculo não é incluído alteração do percurso desde a residência por falta de conhecimento, contudo, sabe-se que ruas do quadrante oriental da freguesia também sofreram estragos estando impedidas ao trânsito automóvel. Deste modo, afirma-se que os quilómetros extras a percorrer pode ter sido superior aos 3 km.

A par da dificuldade do trânsito automóvel sucedeu-se o comunicado do Presidente José Alberto Gonçalves apelando à população que permanecesse nas suas habitações de forma a facilitar as ações de limpeza. Visto isto, conclui-se que o movimento na cidade de Santa Cruz diminui nos primeiros 4 dias após o episódio da inundação urbana.

A diminuição do movimento também foi reforçada pelo encerramento dos estabelecimentos de ensino. Este fecho para além de ausentar um movimento juvenil dos estabelecimentos comerciais da cidade, também, coloca um incómodo aos encarregados de educação que tem de seguir com as suas atividades profissionais e adaptar-se a esta falha na sua rotina diária. Para além de acarretar um atraso do programa a cumprir no ano letivo.

No que se refere ao tecido comercial o maior prejuízo foi de bens materiais, uma vez que, o evento sucedeu-se num sábado apesar de ter afastado os clientes da restauração do fim-de-semana, permitiu uma rápida recuperação, estando o estabelecimento que registou maior altura de água reaberto na segunda-feira dia 22 de fevereiro de 2010.

Outra consequência associada ao comércio prende-se com a reposição de stocks que com evento foi afetado. Para além de ter de reabastecer, existiu o facto de outros pontos da ilha serem afetados por cenários mais severos, registando-se atrasos nas entregas.

Destaca-se na reposição de *stocks* um estabelecimento de importância para a saúde da população, a farmácia, que como a pastelaria Doce Satisfação, registou uma coluna de água de 0,82 metros. Aqui note-se que o maior impacto não é o prejuízo económico, o que se encontra abrangido por seguros, mas sim o abastecimento à população, que poderá ter sido em parte colmatada com a presença de outro estabelecimento na Avenida 2 de Agosto de 1996.

É de notar que a Casa do Povo de Santa Cruz ainda possui marcas do evento de 20-02-2010, que se agravou com as inundações urbanas posteriores.

No que se refere á resiliência, ou seja, a capacidade da cidade voltar ao seu normal funcionamento, conclui-se que num evento como o de 20-02-2010 a cidade demora 96 horas (4 dias) a restabelecer-se visualmente, figura 54. Quer isto dizer que não engloba-se nesta recuperação ações de longo prazo como os realojamentos ou recuperação económica dos estabelecimentos por apoios governamentais.

A limpeza dos estabelecimentos comerciais iniciou-se ainda no dia do evento sendo promovida pelos funcionários e proprietários com ajuda externa, como bombeiros, funcionários camarários e amigos. No domingo (21-02-2010) os trabalhos continuaram, reabrindo a maioria dos estabelecimentos passados 48 horas. É exemplo, a pastelaria Doce Satisfação (estabelecimento que registou 0,82 metros) que no dia 22-02-2010 já estava reaberta. Note-se aqui a colaboração de vários agentes sociais permitiram uma rápida recuperação do tecido comercial.

O mesmo tempo de recuperação sucedeu-se nos arruamentos urbanos.

No dia 22-02-2010 os serviços públicos, nomeadamente, as escolas deparam-se com o encerramento por precaução, exemplo, muro de suporte da ribeira que é o mesmo da EB1 de Santa Cruz apresentava fissuras. O encerramento das escolas passadas 48 horas do evento é explicado pelo dia 22 ser o primeiro dia útil após a inundação. A escola EB1 devido ao perigo inerente apenas abriu passadas 48 horas de fechar (dois dias) de forma a poder-se realizar trabalhos de fiscalização. Já a Escola Básica e Secundária de Santa Cruz abriu no dia 23-02-2010, estando apenas 1 dia fechada.

Ao início do quarto dia, passados 96 horas, a ligação rodoviária entre o sector oriental da freguesia com a cidade de Santa Cruz foi restabelecida.

No dia 24-02-2010 a aparente normalidade da cidade estava recuperada, porém em março de 2010 a C.M.S.C. ainda encontrava-se a organizar orçamentos para as intervenções, são exemplo, a recuperação da promenade de Santa Cruz (destruída parcialmente na foz da Ribeira de Santa Cruz) e da Casa do Povo. Aqui as preocupações camararias centraram-se essencialmente restabelecer no primeiro caso os muros de suporte e a pedra da calçada portuguesa para garantir a circulação de pessoas em segurança. Já o segundo caso a prioridade era restabelecer as condições de salubridade e segurança dos agentes sociais que visitavam e trabalhavam na Casa do Povo.

Perímetro de inundação	Observações		Consequências	Implicações no funcionamento da cidade	Fotografia representativa
02-02-2010					Resultado do galgamento costeiro, foto de José Gonçalves
	Nº de edifícios afetados	15	Destuição dos jardins adjacentes à unidade hoteleira Vila Galé	Insegurança dos turistas; destruição de elementos públicos	
	Nº de pessoas afetadas (residentes) <sup>6</sup>	24	Corte ao trânsito na Rua da Praia	O acesso automóvel ficou impedido na Rua Conselheiro Luís Freitas Branco; Rua da Praça.	
	Nº de pessoas afetadas presentes <sup>7</sup> (média)	179	Promenade intransitável	Destuição de elementos públicos; calhaus e outros objetos deixados na via pedonal	
20-02-2010					Fluxo de lama invade a Travessa da Figueira, foto de Raquel Silva
	Nº de edifícios afetados	63	Falha na eletricidade, nos meios de comunicação	Impedimento de comunicação, sensação de angústia na população (não estavam acorrentes da realidade noutras áreas)	
	Nº de pessoas afetadas (residentes)	799	Ruas centrais cortadas ao trânsito devido a inundação das vias. Cheia rápida da Ribeira do Moreno	Ausência de movimento na cidade Impedição de chegar a Santa Cruz pelo sector oriental	
	Nº de pessoas afetadas presentes (média)	860	Estabelecimentos fechados por inundação	Fecho de estabelecimentos na hora do evento e horas seguintes.	
30-10-2012					Água advinda da rede pluvial invade R. 17 de Julho de 1876
	Nº de edifícios afetados	21	Inundação de alguns estabelecimentos	Alguns serviços prestados na restauração não efetuados no dia do evento	
	Nº de pessoas afetadas (residentes)	54	Ruas inundadas		
	Nº de pessoas afetadas presentes (média)	74			
01-03-2013					Impermeabilidade da área da R. Cónego Alfredo Oliveira, foto de Gustavo Teixeira
	Nº de edifícios afetados	11	Residentes afetados	Estado de alerta constante	
	Nº de pessoas afetadas (residentes)	31			
	Nº de pessoas afetadas presentes (média)	29			

<sup>6</sup> Refere-se ao número de habitantes dos edifícios afetados pelo evento e ao número de habitantes que apesar de não verem as suas residências afetadas vem as vias delimitantes impedidas de circulação. Dados do INE, Censos 2011

<sup>7</sup> "Pessoas que, no momento de observação - zero horas do dia de referência - se encontram numa unidade de alojamento, mesmo que aí não residam, ou que, mesmo não estando presentes, lá chegam até às 12 horas desse dia.", INE, Censos 2011



Quadro 13- Resumo das consequências dos eventos de 02-02-2010; 20-02-2010;30-10-2012 e 03-01-2013 na cidade de Santa Cruz.

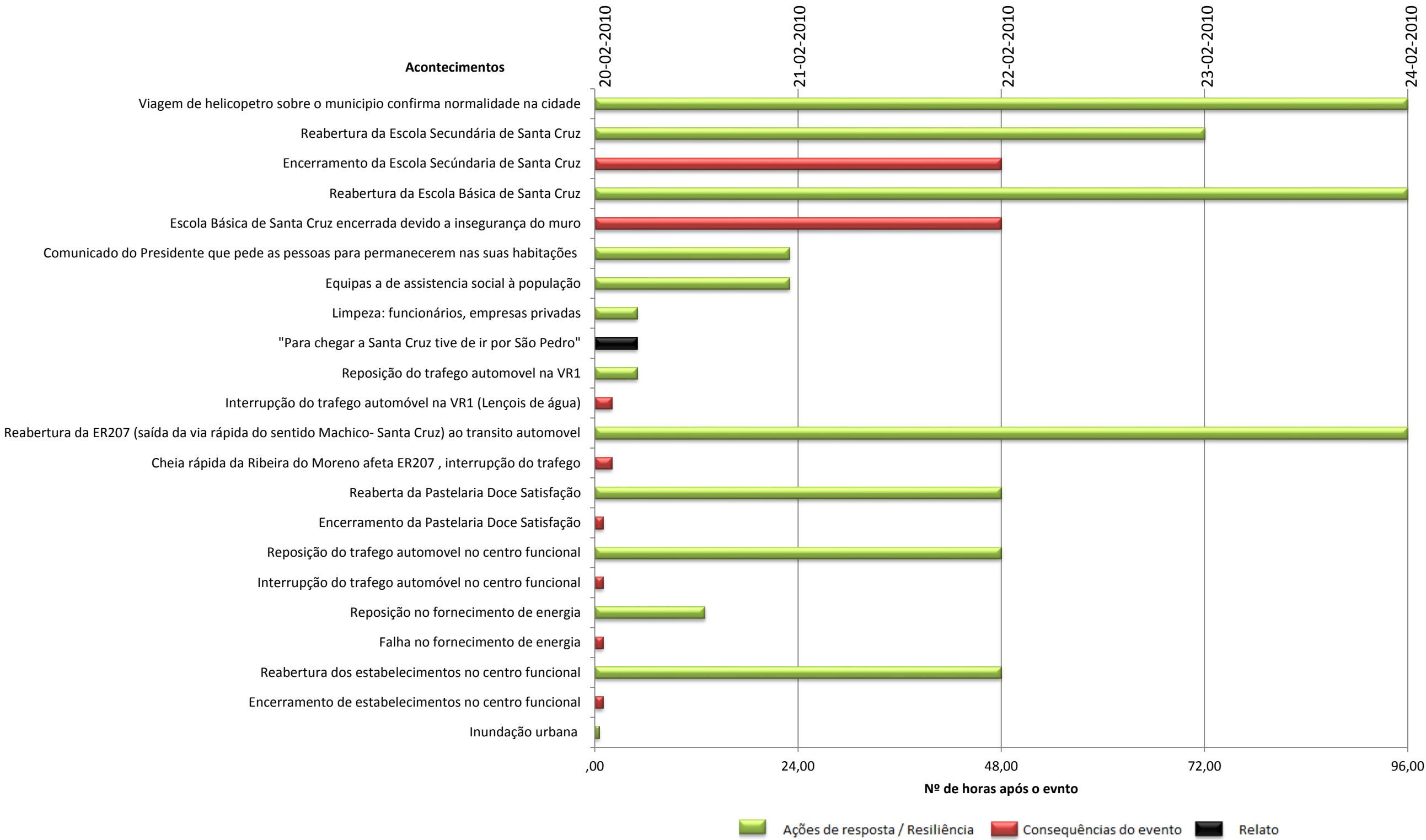


Figura 53 – Número de horas para suceder-se as consequências e ações de resiliência após a inundação urbana do dia 20-02-2010 e dias seguintes na cidade de Santa Cruz

Tudo isto indica que a limpeza fez-se em 96 horas contudo, ações como repavimentação das estradas, reconstrução de muros de suporte e outros tipo de reparações necessárias à segurança do cidadão e circulação automóvel apenas iniciou-se semanas após o evento. Note-se que por exemplo situações de realojamento são mais complexas pois os realojados permanecem fora da sua habitação habitual por meses. O restabelecimento de bens materiais dentro das residências, também, é demorado uma vez que, é necessário avaliar cada caso e esperar pelo subsídio para fazer face às despesas. Estas perturbações sociais não foram possíveis de ser quantificáveis mas foram relatadas por alguns residentes.

Assim, esquematiza-se a resposta do território aos danos advindos da inundação urbana no centro funcional e cheias rápidas fora deste. Contudo, a C.M.S.C. para além de se socorrer de entidades privadas para conseguir responder rapidamente às necessidades da população, socorreu-se de apoios governamentais para fazer face às despesas extras, exemplo, é a recuperação da Ribeira de Santa Cruz, figura 55. Tudo isto indica que a resiliência da cidade de Santa Cruz não encontra-se apenas dependente das entidades públicas locais, mas também e sobretudo regionais, nacionais e europeia, uma vez que, o subsídio regional advém de fontes externas.

O real impacto do evento de 20 de fevereiro de 2010 no tecido empresarial e social pode ainda hoje perdurar agravando-se com a situação financeira que o país se encontra.



Figura 54 - Obra de reparação na Ribeira de Santa Cruz subsidiada pelo Governo Regional.

Em 2012, a 30 de outubro, o centro funcional foi alvo de uma pequena inundação urbana às 8:00 invadindo um estabelecimento bancário e Casa do Povo. Os

níveis da coluna de água não ultrapassaram os 0,16 cm (Rua das Rosas), contudo registou-se perturbações no funcionamento, como, fecho temporário para atendimento ao público do banco, como também, inibição temporária do trânsito automóvel na Rua Dr. José Barros e Sousa e Rua 17 de Julho de 1876. Ao 12:45 a situação estava normalizada.

Mais recentemente, a 01-03-2013, os moradores da Rua das Rosas alertaram-se para o início de uma inundação começando a proteger os seus bens e estando atentos durante a madrugada para um possível agravamento da situação.

Tudo isto, traduz-se numa quebra da rotina diária que não é contabilizada, diminuindo o número de utilizadores dos serviços públicos, de clientes para o comércio e de incómodos nas atividades profissionais de cada indivíduo.

A constante presença de eventos hídricos na cidade de Santa Cruz permite uma maior autonomia de cada indivíduo para proteção dos seus bens, uma vez que, é uma memória presente, logo, a população local está a adquirir uma maior resiliência pessoal, criando um estado de alerta em episódios chuvoso.

### **3.4. Síntese da vulnerabilidade dos elementos urbanos à inundação urbana na cidade de Santa Cruz**

O tecido comercial da cidade de Santa Cruz enquadra-se no sector III (figura 57), predominando a restauração como função comercial. No que se refere aos serviços públicos estes encontram-se distribuídos de forma heterógena pela cidade localizando-se as funções camararias no centro funcional.

É, aqui, no centro funcional que se regista a maior frequência dos eventos hídricos, como também, a maior altura da coluna água (20-02-2010), destacando-se os edifícios que marginam o cruzamento Rua Cónego Alfredo Oliveira e Rua da Praia.

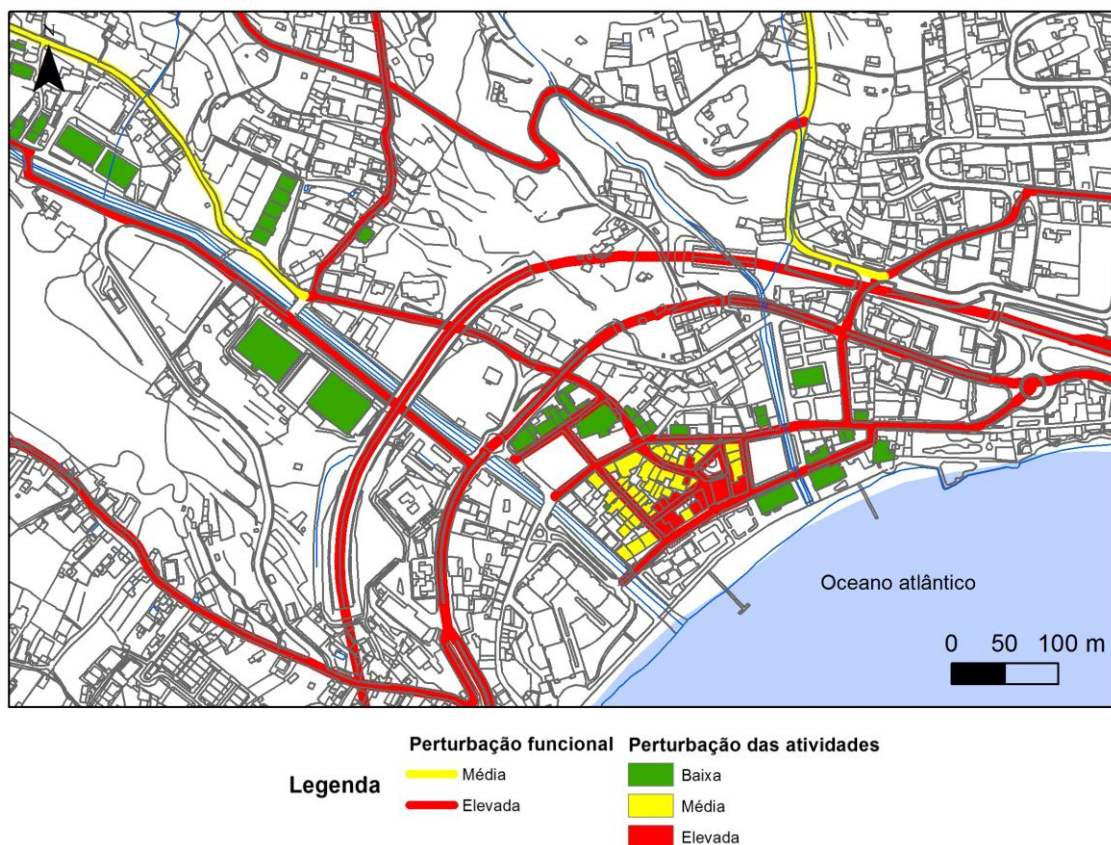
Segundo, a correlação estabelecida entre a frequência das ocorrências e a coluna da água, figura 56, conclui-se que é no centro funcional onde a perturbação das atividades é maior.

Note-se que é na Rua da Praia que se centram os edifícios com maior probabilidade de disfunção, sendo a demais área do centro funcional considerada de média perturbação. Esta classificação, segundo LEONE (1996) permite inferir que a área com probabilidade média regista uma inatividade temporária. Já na área de elevada probabilidade é possível visualizar encerramento de comércio em caso de não se registar



ajudas externas. Quer isto dizer, que a recuperação económica nesta área apresenta-se mais difícil do que na área média a fraca. Esta situação, para além de prejuízos económicos, acarreta danos inerentes que prendesse com as famílias dependentes de tais estabelecimentos.

A população também é afetada essencialmente no que se refere aos bens materiais. A maioria das residências, com a exceção da Rua das Rosas, possui uma probabilidade de disfunção média.

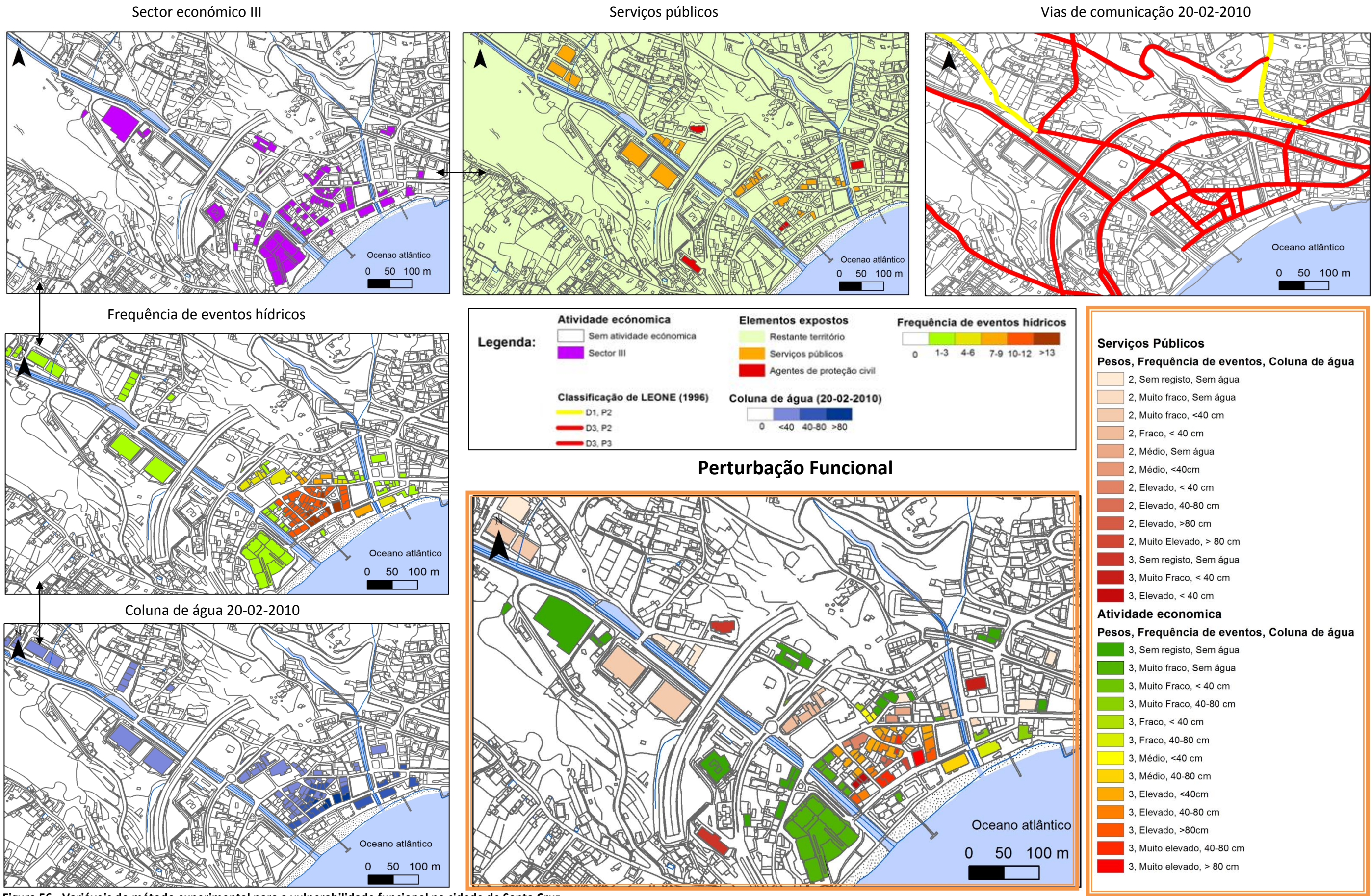


**Figura 55 - Proposta da vulnerabilidade funcional na cidade de Santa Cruz a inundações urbanas.**

Mesmo não existindo inundação no interior dos edifícios se as ruas apresentarem cobertas de água (cota do passeio) existe uma disfunção das atividades, uma vez que, modifica a rotina das pessoas, tanto pelo trajeto automóvel, como pedonal. De acordo com método de LEONE (1996), as ruas de Santa Cruz apresentam-se com uma probabilidade elevada de disfunção, ou seja, em caso de inundação ocorre a obstrução das vias e consequentemente o fecho destas por horas.

A capacidade de resposta, no presente território, centra-se essencialmente na resposta após-evento na população local, sendo a resposta a longo prazo responsabilidade de instituições locais e regionais.







## Capítulo IV – Síntese: Cenários de ocorrências de inundação na cidade de Santa Cruz

---



#### **4. Síntese: Cenários de eventos hídricos na cidade de Santa Cruz e resiliência**

As áreas ribeirinhas por se localizarem a margem dos cursos de água possuem inerentemente suscetibilidade a cheias. Porém este facto não é tido em atenção na localização de áreas urbanas, que têm esta área como atrativa para o desenvolvimento económico e sucessiva expansão. Outro local de implementação de áreas urbanas é o litoral que apresenta como perigo específico os galgamentos costeiros.

Assim, afirma-se que a cidade de Santa Cruz por margem dos cursos de água e localizar-se a litoral possui o perigo dos dois tipos de evento. Acrescentando-se as inundações urbanas advinda da impermeabilização do solo e da falha da rede pluvial. Consequentemente, quando ocorre um cenário de precipitação observa-se quatro cenários.

O primeiro cenário prende-se com valores de precipitação extrema, superior a 156,7 mm na estação de Santa Catarina e 300 mm no Santo António da Serra que se reflete no escoamento superficial pelas vertentes. Assim, reúnem-se condições para a ocorrência de movimentos de vertente que alimentam o caudal sólido das ribeiras, resultando por vezes em cheias rápidas. A cheia rápida na cidade pode dever-se ao transbordo da Ribeira de Santa Cruz possuindo como limite máximo a Rua da Ribeira, Avenida 2 de Agosto de 1996, Rua da Praia, e Rua da Praça. Já se a cheia advir da Ribeira da Calçada o limite máximo é a Rua 17 de Julho, Rua Bela São José, Rua da Praia. Se suceder a cheia de ambas as ribeiras a delimitação da área inundada faz-se pela Avenida 25 de Junho (ER207), sendo a área inundada a jusante da via.

As inundações urbanas correspondem ao segundo cenário, que ocorrem com um mínimo de precipitação 33,6 mm num período de 24 horas. Já o maior valor registado é 156,7 mm na estação de Santa Catarina. A delimitação máxima desta faz-se também pela ER207 e a mínima pela Rua 17 de Julho de 1876 - Rua Dr. José Barros e Sousa - Rua da Praia.

Já o terceiro cenário é o dos galgamentos costeiros, que apenas ocorre com ondas superiores a 5 metros, sendo o seu maior perímetro definido pela Rua das Rosas, Rua do Cónego Alfredo Oliveira e Rua da Ponte Nova.

O último cenário engloba as condições meteorológicas de vagas de vento e precipitação intensa, conjugando-se o galgamento costeiro com inundação urbana. Esta conjugação possui o mesmo perímetro de inundação que os galgamentos costeiros.

No que se refere ao primeiro cenário, cheia rápida, afirma-se que o muralhamento dos cursos de água na cidade de Santa Cruz, nomeadamente, da Ribeira

de Santa Cruz contribuíram para o controlo de cheia na presente cidade. Este cenário iguala-se à situação do Rio Reno (HARTMANN, 2011). Porém a construção de elementos no leito maior da Ribeira de Santa Cruz aumentou a perigosidade desta área, pois uma área que antes era de elevado perigo e de baixa vulnerabilidade passou a ser de elevada vulnerabilidade. Quer isto dizer que a expansão da cidade alterou a perigosidade do seu território.

Outro exemplo de aumento da perigosidade associado à construção da cidade é a construção da Rua Dr. José Barros e Sousa que permitiu que uma nova área fosse inundada quando existe transbordo da Ribeira da Calçada ou escoamento superficial da Rua da Ponte Nova. Antes da existência deste eixo rodoviário a área afetada pelo transbordo da Ribeira da Calçada não abrangia a Rua 17 de Julho de 1876, uma vez que não existia ligação. Com a construção desta via a Rua Ponte Nova liga-se à R. 17 de Julho existindo um escoamento direto.

A ação urbanística de alteração da direção da Rua da Calçada permitiu que a Rua do Tribunal funcionasse como via recetora e canalizadora e consequentemente a Travessa da Figueira fosse inundada, criando-se uma nova área de inundação e de elementos expostos.

Uma boa ação urbanística foi a substituição da Bomba de Gasolina localizada na Rua da Praia por um local de lazer traduzindo-se numa baixa vulnerabilidade dos elementos expostos, bem como, pelos jardins funcionarem como obstrutor das águas salgadas advindas do mar, não se registando no evento de 02-02-2010 a mesma área de 1-04-1995.

Na atualidade a ocorrência mais frequente é a inundação urbana. Deste modo, o grau de severidade é maior para as cheias rápidas do que para as inundações urbanas, pois as cheias apenas ocorrem aproximadamente 60 anos em 60 anos.

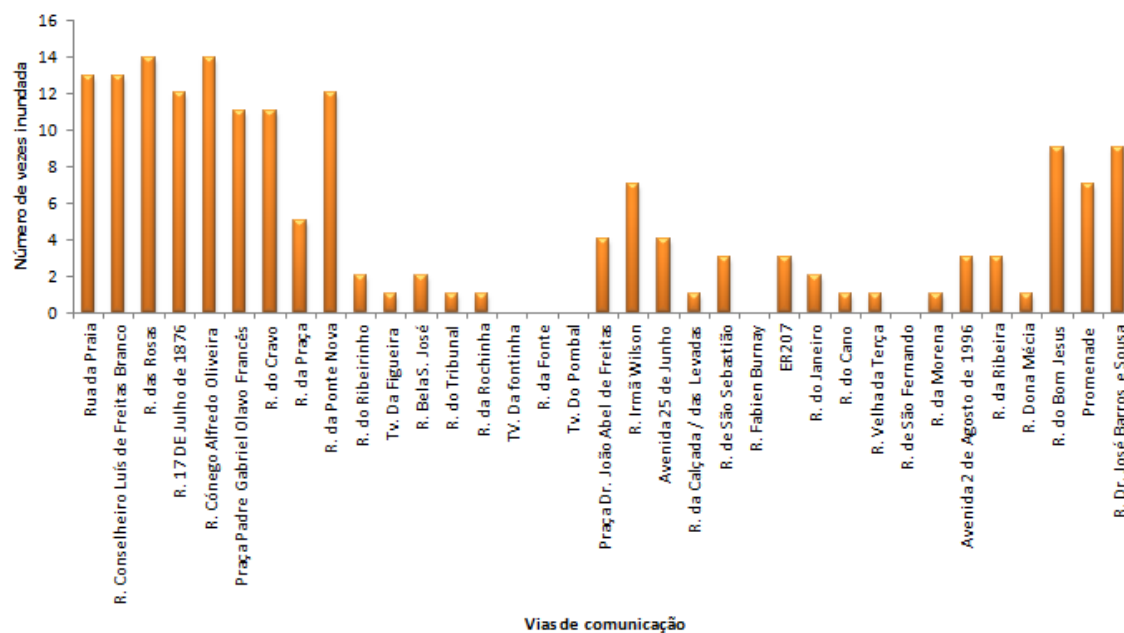
O território santacruzense tem a particularidade de registar no mesmo ano hidrológico mais de que uma ocorrência, exemplo disso é o ano de 2010 que registou uma inundação urbana e galgamento costeiro a 2 de fevereiro e 20 de fevereiro de 2010 uma inundação urbana. Como também em 1995/1996, 1997/1998 e 2012/2013.

Quando pormenoriza-se a escala de inundação e observa-se as vias de comunicação, gráfico 6, conclui-se que é a Rua Cónego Alfredo Oliveira e Rua das Rosas que são as mais afetadas. A explicação centra-se a serem muito impermeáveis e onde existe uma incapacidade da rede pluvial, originando inundações com 33 mm de precipitação que quando concentradas no tempo traduzem-se em 0,16 cm de água. Esta



altura de água invade as residências da Rua das Rosas, que possuem a situação III na medida de água nos edifícios.

Deste modo, afirma-se que a situação de medidas identificadas em Santa Cruz, reflete-se numa maior ou menor possibilidade da invasão das águas. As que possuem maior vulnerabilidade são a situação II e III.



**Gráfico 6 – Número de vezes que as vias de comunicação da cidade de Santa Cruz foram inundadas.**

O estudo empírico realizado por HARTMAN (2011) observou que é impossível não construir nas áreas de planície de inundação, uma vez que, os agentes sociais interpretam esta área como " *essencial para o futuro económico e social dos municípios*". Tal deve-se a cada município ter uma área restrita para a expansão urbana. O município obtém a sua receita através de taxas, impostos e subsídios advindos do Governo. Deste modo, ao ter um espaço restrito e uma dependência do número de população, usa os espaços atrativos (áreas ribeirinhas) para fixação de população. Neste segmento FERNANDES (2012) afirma que cidade de Santa Cruz possui um território restrito para expansão urbana, sendo o cenário futuro de desenvolvimento urbano para norte da Ribeira de Santa Cruz e para respetivas lombas (áreas altas). Tal refletir-se-á num aumento de espaços impermeabilizados, logo, numa maior quantidade de água disponível para escoamento superficial. Deste modo, aponta-se que o município deve impor-se na ocupação no vale optando por espaço verdes a marginalizar os cursos de água

de modo quando ocorrer cenário de cheias rápidas os prejuízos sejam menores, como indica RAMOS (2005).

Esta gestão deve de ter a filosofia que o uso do solo modifica-se consoante as décadas, de modo a perspetivar o padrão futuro para minimizar o efeito do uso do solo nos eventos hídricos. Por exemplo, não criar novos estrangulamentos ou novas vias canalizadoras que intensifique o evento. Assim, a gestão da cidade de Santa Cruz deve centrar-se no novo paradigma de gestão de risco de inundação de forma haver espaço para água. Ou seja apostar na resiliência.

A cidade de Santa Cruz ao registar no mesmo ano hidrológico várias ocorrências dificulta a recuperação funcional das atividades, existindo, no processo de recuperação uma quebra. Assim, a resiliência a eventos hídricos é diminuída nestes cenários.

Como indicações para o ordenamento e planeamento do território, para além, da aposta da consciencialização da população local, a cidade deve de apostar em medidas como proteção de inundações nos edifícios de situação II e III, de modo diminuir a vulnerabilidade. Esta proteção pode ser desde a construção uma soleira que permitisse que a porta não iguale-se ao nível da rua, porém tal refletir-se-ia na mudança da estrutura da fachada. Outra opção é defendida pelos técnicos da C.M.S.C. que consiste na proteção de chapa.

A precipitação nas áreas urbanas é, maioritariamente absorvida pela rede pluvial, contudo esta por vezes não é eficiente, constituindo-se uma fonte para inundações. De forma a mitigar o reflexo da expansão urbana nos eventos hídricos, a literatura sugere várias soluções de engenharia. Das diferentes soluções, as de possível aplicação na cidade de Santa Cruz correspondem à repavimentação com coberturas permeáveis e à construção de poços de armazenamento subterrâneos.

O poço de infiltração é um método que controla o fluxo na fonte. Já o revestimento dos pavimentos trata-se de uma técnica do controle da água nas vias de comunicação e na rede pluvial (Baptista et al, 2005 citado por CASTRO, 2007). Indica-se para a área da cidade de Santa Cruz, como solução o poço de retenção e infiltração subterrânea onde é possível reter a maior parte do fluxo pluvial de forma a não escoar para superfície. Este poço deve apenas servir de armazenamento no período húmido do ano hidrológico, de modo a poder em cenários de ocorrência de inundações responder com 100% da sua capacidade. Contudo, devido ao fluxo sólido advindo do escoamento superficial os poços terão que possuir a contabilização deste volume e uma limpeza anual. A construção destes poços permite que se reduza as inundações a zero, quando

eficientes. Estes poços podem ser construídos subterraneamente nas áreas de lazer como, parques, praças, largos, existindo nestes locais poços de média dimensão que funcionam como apoio a um poço de maior capacidade. Este método é usual em Lyon e Marselha.

A modernização e aumento da capacidade da rede pluvial devem constituir uma ação prioritária com intuito a evitar e minimizar os efeitos das inundações urbanas.

No que se refere aos pavimentos permeáveis, estes funcionam através da infiltração da água que é retida num reservatório, podendo posteriormente ser expulsa por uma rede de drenagem eficiente, retardando o pico de inundação (CASTRO, 2007). O reservatório pode ser implementado em áreas como parques de estacionamento, vias pedonais, áreas desportivas. A área que fornece as condições mais indicadas para a sua implementação corresponde a Rua das Rosas, Rua Cónego Alfredo Oliveira e Rua do Cravo, destinadas ao uso pedonal

De forma a aumentar a resiliência, aponta-se como ação, a remoção da canalização presente nos muros das ribeiras, tanto na Ribeira de Santa Cruz como na Ribeira da Calçada de modo a que o caudal sólido destas não a destrua parcial ou totalmente. Pois, a destruição da canalização repercute-se numa falha do sistema urbano, logo, numa disfunção para atividades. Esta canalização deve de ser inserida no solo.

A vulnerabilidade funcional é uma temática que deverá ser aprofundada de forma a encontrar outros métodos de análise e perspetivação de reais impactos, atendendo aos dias de semana de ocorrência, de modo a reduzir a disfunção das atividades e aumentar a resiliência local.

## 5. Bibliografia

### 5.1.Publicações

- ABREU, U., TAVARES, A., & RODRIGUES, D. (2008). *Processos de perigosidade natural no município de Câmara de Lobos–Madeira. Contributo para a gestão do risco e da emergência*. Territorium, 15, 53-71
- ADGER, W. N., BROOKS, N., BENTHAM, G., AGNEW, M., & ERIKSEN, S. (2004). *New indicators of vulnerability and adaptive capacity* (Vol. 122): Tyndall Centre for Climate Change Research Norwich.
- ALCÁNTARA-AYALA, I. (2002). *Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries*. Geomorphology, 47(2), 107-124.
- ALEXANDER, D. E. (1993). *Natural disasters*: Springer.
- ALMEIDA, B. A. (2007). *Prevenção contra inundações naturais na União europeia. Conceitos-chave no contexto de uma gestão do risco*. REGA, Nº 4, 53-62.
- ANPC. (2009). *Guia para a Caracterização de Risco no Âmbito da Elaboração de Plano de Emergência de Protecção Civil*.
- ANPC. (2010). *Riscos Costeiros - Estratégias de prevenção, mitigação e protecção, no âmbito do planeamento de emergência e do ordenamento do território*. Cardenos Técnicos PROCIV, 15.
- ASCE, American Society of Civil Engineers (1992). *Design and construction of urban stormwater mangement systems*. Nº, 77
- AUGUSTO, d. S. F., & AZEVEDO, d. M. C. (1984). *Elucidário madeirense*. 3ª edição. Secretaria Regional da Educação e Cultura, Funchal.
- BARROCA, B., BERNARDARA, P., MOUCHEL, J.-M., & HUBERT, G. (2006). *Indicators for identification of urban flooding vulnerability*. Natural Hazards and Earth System Science, 6(4), 553-561.
- BRIGUENTI, E. C. (2005). *O Uso de Geoindicadores na Avaliação da Qualidade Ambiental da Bacia do Ribeirão Anhumas, Campinas/SP*. (Dissertação de mestrado em Geografia), UNICAMP.

- BUCKLE, P., MARS, G., & SMALE, S. (2000). *New approaches to assessing vulnerability and resilience*. Australian Journal of Emergency Management, The, 15(2), 8.
- Câmara Municipal de Santa Cruz , C. M. S. C. (6-9-1956 a 28-2-1956). *Livro de Actas da Câmara Municipal de Santa Cruz* (Vol. Nº17).
- CAMPBELL, D. J. (1999). *Response to drought among farmers and herders in southern Kajiado District, Kenya: A comparison of 1972-1976 and 1994-1995*. Human Ecology, 27(3), 377-416.
- CANNON, T. (1993). *A hazard need not a disaster make: vulnerability and the causes of 'natural' disasters*. Natural disasters: protecting vulnerable communities. Thomas Telford, London.
- CANTOS J.O. & AYALA-CARCEDO, F. (2002). *Riesgos naturales: conceptos fundamentales y clasificacio.:* Ariel Ciencia.
- CARVALHO, A. (2004). *Avaliação da perigosidade dos Aluviões na Bacia da Ribeira de Machico*. Ilharq, Nº4.
- CASTRO, C. M. , PEIXOTO, M. N. O., & PIRES DO RIO, G. A. (2005). *Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas*. Anuário do Instituto de Geociências, 28(2).
- CASTRO, L. M. A. (2007). *Proposição de metodologia para avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água*. Universidade Federal de Minas Gerais.
- CASTRO, S. D. A. (2000). *Riesgos y peligros: una visión desde la geografía*. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Nº 60.
- COSTA, H. B., ROSSI, M., & COELHO, R. M. (2005). *Mapa de impermeabilização do solo da Bacia do Ribeirão das Anhumas, Campinas-SP* (pp. 876-895). São Paulo: Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada
- CUNHA, L., & DIMUCCIO, L. (2002). *Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição: exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra*.
- CUTTER, S. L. (2003). *The vulnerability of science and the science of vulnerability*. Annals of the Association of American Geographers, 93(1).
- DANTAS, M. G. A. F. (2012). *Rede urbana e desenvolvimento na Região Autónoma da Madeira*. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa.



- DROBNE, S., & LISEC, A. (2009). *Multi-attribute decision analysis in GIS: weighted linear combination and ordered weighted averaging*. Informatica 33, 459-474
- DUARTE, A., BORGES, B., RAMOS, C., PEDRO, P., & PANCADA, R. (2007). *Cheias rápidas em áreas urbanas e sua percepção : o caso da bacia da R.<sup>a</sup> de Odivelas*.
- DWYER, A., ZOPPOU, C., NIELSEN, O., DAY, S., & ROBERTS, S. (2004). *Quantifying social vulnerability: a methodology for identifying those at risk to natural hazards*: Geoscience Australia Canberra,, Australia.
- FERNANDES, M. J. P. (2009). *Riscos no Concelho da Ribeira Brava movimentos de vertente cheias rápidas e inundações*. (Dissertação de Mestrado), Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.
- FRAGOSO, M., TRIGO, R. M., LOPES, J. G., LOPES, A., & ULBRICH, S. (2012). *The 20 February 2010 Madeira flash-floods: synoptic analysis and extreme rainfall assessment*. Natural Hazards & Earth System Sciences, Vol.12, 715-730.
- GARCIA, R. A. C., & ZÊZERE, J. L. (2003). *Avaliação de Riscos Geomorfológicos: Conceitos, Terminologia e Métodos de Análise*. III Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território.
- GENOVESE, E. (2006). *A methodological approach to land use-based flood damage assessment in urban areas: Prague case study*. Technical EUR Reports.
- GOMES, A. H. P., OLIVEIRA, J. T., & NASCIMENTO, E. A. (2004). *Recarga artificial do lençol freático como controle dos impactos da urbanização na bacia hidrográfica*. Águas Subterrâneas.
- GOUDIE, A. (2013). *Encyclopedia of Geomorphology*: Routledge.
- GRAMANI, M. F. S., F.C.; ALMEIDA G.S.; GOUVEIA, M.I.F. (2004). *Diagnóstico das inundações em áreas urbanas do rio Paraíba do Sul e Mantiqueira, SP:Subsídio para o plano de contingência: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS 1*.
- GUILLARD, C. (2009). *Evaluation et cartographie du risque glissement de terrain d'une zone située au nord de Lisbonne*. (Dissertação de Mestrado), Ecole Nationale Supérieure des Mines.

- HARTMANN, T. (2011). *Clumsy floodplains: Responsive land policy for extreme floods*: Ashgate Publishing.
- IDNDR. (1992). *Internationally agreed glossary of basic terms related to Disaster Management*. DHA-Geneva: United Nations.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). *Climate change 2007: contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*.
- JHA, K. A., BLOCH, R., & LAMOND, J. (2012). *Cidades e Inundação: Um Guia para a Gestão Integrada de Inundação Urbanas para o Século XXI.*: GFDRR
- JULIÃO, R. P., NERY, F., RIBEIRO, J. L., BRANCO, M., & ZÊZERE, J. L. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal*. Autoridade Nacional de protecção Civil, DGOTDU/IGP, Lisboa.
- KASPERSON, J. X., & KASPERSON, R. E. (2001). *International workshop on vulnerability and global environmental change*. SEI Risk and Vulnerability Programme Report, 1.
- LASTRA, J., FERNÁNDEZ, E., DÍEZ-HERRERO, A., & MARQUÍNEZ, J. (2008). *Flood hazard delineation combining geomorphological and hydrological methods: an example in the Northern Iberian Peninsula*. Natural Hazards, 45(2), 277-293.
- LEICHENKO, R. M., & O'BRIEN, K. L. (2002). *The dynamics of rural vulnerability to global change: the case of southern Africa*. Mitigation and adaptation strategies for global change, 7(1), 1-18.
- LENCASTRE, A., & FRANCO, F. (2003). *Lições de Hidrologia*. FUNDACAO ARMANDO LENCASTRE.
- LEÓN, J. C. V. (2006). *Vulnerability: A conceptual and methodological review*: United Nations University, Institute for Environment and Human Security.
- LEÓNE, F. (1996). *Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain*. Université de Grenoble.
- MALCZEWSKI, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*: John Wiley & Sons.

- MARAFUZ, I. (2011). *Inundações Urbanas e Cheias Progressivas em Arouca: Caso de Estudo, Metodologias e Análise e Ordenamento do Território*. (Dissertação de Mestrado), Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- MARANDOLA Jr, E., & HOGAN, D. J. (2003). *Riscos e perigos: o estudo geográfico dos natural hazards*. Encontro transdisciplinar sobre espaço e população 1 Campinas.
- MATA, R. F. (1999). *Análise de variáveis climáticas de estações climatológicas na Ilha da Madeira, correspondentes a 1951-1980*. *Revista Cultural Origens* Nº1, 53-60.
- MEDEIROS, C. A. (1996). *Goografia de Portugal: ambiente natural e ocupação humana, uma introdução.*: Editor Estampa.
- MEYER, V., et al (2011). *RISK MAP–Improving Flood Risk Maps as a Means to Foster Public Participation and Raising Flood Risk Awareness: Toward Flood Resilient Communities*. Final Project Report.
- MORNA, F. A. C. d. F. (2008). *O Património arquitectónico e o desenvolvimento do território em Santa Cruz* (Mestrado Dissertação para obtenção do grau de mestre em Arte e Património no Contemporâneo e actual), Universidade da Madeira.
- NEVES, D. M. F. (2010). *Turismo e riscos na Ilha da Madeira : avaliação, percepção, estratégias de planeamento e prevenção*. (Dissertação de Mestrado), Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.
- Regimento de Guarnição Nº3 (2010). *Madeira 20Fev.2010-A dimensão solidária*.
- OLIVEIRA, P. E., & Ramos, C. (2002). *Inundações na cidade de Lisboa durante o século XX e seus factores agravantes*. *Finisterra*, XXXVIII, 74, 33-54.
- PATT, H. (2001). *Hochwasser-Handbuch: Auswirkungen und Schutz*: Springer.
- PELLING, M. (2003). *The vulnerability of cities: natural disasters and social resilience*: Earthscan.
- PEREIRA, E. C. (1940). *Ilhas de Zargo* (Vol. 2): Câmara municipal do Funchal.
- PIO, M. F. (2001). *Santa Cruz da Ilha da Madeira: Subsídios para a sua história.*: Empresa de artes gráficas, Funchal.
- PRADA, S., GASPAR, M. A., SILVA, M. O., CRUZ, J., PORTELA, M. M., & HORA, G. R. (2003). *Recursos Hídricos da Ilha da Madeira*.

- RAMOS, C. (2005). *Programa de Hidrogeografia*. Atmosfera, 12, 0,001.
- RAMOS, C., & REIS, E. (2001). *As cheias no sul de Portugal em diferentes tipos de bacias hidrográficas*. Finisterra, 36(71), 61-82.
- REBELO, F. (2003). *Riscos naturais e acção antrópica: estudos e reflexes*: Imprensa da Univ. de Coimbra.
- RIBEIRO, O. (1985). *A Ilha da Madeira até meados do século XX: Estudo Geográfico*: Instituto de Cultura e Língua Portuguesa.
- RODRIGUES, C. (2011). *Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidro-geomorfológicos. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo*. RDG Revista do Departamento de Geografia-USP, 20, 111-125.
- RODRIGUES, R. (2008). *Rasmus Skrov, um pintor dinamarquês em Santa Cruz na Ilha da Madeira*. Revista Cultural Origens, Nº18, 10-28.
- RODRIGUES, R. (2010). *A Capela de Nossa Senhora da Conceição em Santa Cruz, numa visitação do século XIX, contributos para a sua história*. Revista Cultural Origens, Nº21, 9-17.
- SANTOS, E. S. (2011). *Cartografia de risco de cheia: Análise comparativa de cartografia de cheia para a cidade de Tavira*. (Disserta o de Mestrado), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- SANTOS, P. M. P. (2009). *Cartografia de áreas inundáveis a partir do método de reconstitu o hidrogeomorfológica e do método hidrológico-hidráulico : estudo comparativo na bacia hidrográfica do rio Arunca*. (Disserta o de mestrado em Ambiente e Ordenamento do Território), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- SEPÚLVEDA, S. M. F. (2011). *Avalia o da Precipita o Extrema na Ilha da Madeira*. (Disserta o de Mestrado), Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa.
- SILVEIRA, A. B., MADEIRA, J., RAMALHO, R., FONSECA, P., & PRADA, S. (2010). *Notícia Explicativa da Carta Geológica da Ilha da Madeirana escala 1:50.000, Folhas A e B*. Região Aut noma da Madeira e Universidade da Madeira.

- SOUZA, Celia Regina de Gouveia (2004). *Risco a inundações, enchentes e alagamentos em regiões costeiras*. GEDN/UFSC, Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais 1, 231-247
- THOMALLA, F., DOWNING, T., SPANGER-SLEGFRIED, E., HAN, G., & ROCKSTROM, J. (2006). *Reducing hazard vulnerability: towards a common approach between disaster risk reduction and climate adaptation*. Disasters, 30(1), 39-48.
- TOBIN, G. A., & MONTZ, B. E. (1997). *Natural Hazards: explanation and integration*. The Guilford Press.
- TUCCI, C. E., & BERTONI, J. C. (2003). *Inundações urbanas na América do Sul*.
- TUCCI, C. E., & do Setor Saneamento, P. d. M. (2005). *Gestão de águas pluviais urbanas: Programa de Modernização do Setor Saneamento*, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades.
- United Nations Human settlements Programme, U. (2001). *Human Development Report*: Oxford University Press.
- VARNES, D. J. (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*: UNESCO.
- VENTURA, J. E. (1987). *As gotas de ar frio eo regime da precipitação em Portugal*. Finisterra–Revista Portuguesa de Geografia, 39-69.
- WESTEN, C. J., CASTELLANOS, E., & KURIAKOSE, S. L. (2008). *Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: an overview*. Engineering geology, 102(3), 112-131.
- ZÊZERE, J. L., PEREIRA, A. R., & MORGADO, P. (2006). *Perigos naturais e tecnológicos no território de Portugal Continental*. Apontamentos de Geografia, Série de investigação, nº19, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa.

## **5.2.Legislação**

Assembleia da Republica - *Lei nº 54/2005 de 15 de Novembro*. DR. 1ª série- Nº 219

Ministério do Plano e da Administração do Território - *DL Nº89/97 de 26 de Fevereiro*. DR. 1ª série - Nº 48



Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território (2010) - *DL n°115/2010 de 22 de Outubro*. DR.1ª série - N° 206

Região Autónoma da Madeira - *Decreto Legislativo Regional n°1/2013/M de 9 de Agosto*. DR. 1ª série -N°1

### **5.3.Endereços eletrónicos**

- [http://environnement.wallonie.be/de/dcenn/plan\\_pluies/methodologie.htm](http://environnement.wallonie.be/de/dcenn/plan_pluies/methodologie.htm) (Consultado a 30 de Janeiro)

-<http://mapas.ine.pt/map.phtml?config=madeira&resetssession=ALL> ( Várias consultas)

---

## Anexos


---

**Anexo 1 - Ficha de caracterização das áreas inundáveis.**

Ficha nº							
I. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO PONTO DE OBSERVAÇÃO							
Local (Rua, Curso de água...):							
Coordenadas:		Latitude		Longitude			
Bacia hidrográfica							
II. CURSO DE ÁGUA							
Identificação				Distância do ponto ao curso de água (m)			
Características no ponto de observação		Natural		Delimitada por margens		Canalizado	
		Retilíneo		Sinuoso			
		Caudal Permanente		Caudal Sazonal		Altura das muralhas	
III. ÁREA DO PONTO DE OBSERVAÇÃO (2012/2013)							
Sectores:		Norte	Este	Sul	Oeste	Observações	
Espaço edificado							
Habitação							
1ª habitação Distância do curso de água (m)							
Edifício Público							
Qual?							
Distância do curso de água (m)							
Comércio/Serviços							
1º estabelecimento Distância do curso de água (m)							
Vias rodoviárias							
Asfalto							
Paralelo							
Mista							
Área pública de lazer							
Espaços não construídos							
Campo agrícola							
Solo exposto							
Vegetação							
Intervenções na área							
Pontes							
Travessias							
Canalizações							
IV. ESCOAMENTO SUPERFICIAL							
INUNDAÇÃO URBANA E CHEIAS RÁPIDAS							
Via Canalizadora		Via Recetora/ Canalizadora		Área de convergência (C) ou/e divergência (D)			
Possíveis causas indiretas		Observações					
Falta de Limpeza							
Construções							
Tipo de Obra:							
Estrangulamento do curso							
Alteração topográfica							
Rede pluvial							
Impermeabilização da área circundante							
V. MODIFICAÇÕES NA ÁREA CIRCUNDANTE							
Ano	Alteração de vegetação para			Leito da ribeira			Fotografia (Anexo)
	Habitação	Vias de comunicação	Equipamentos públicos	Habitação	Vias de comunicação	Equipamentos públicos	

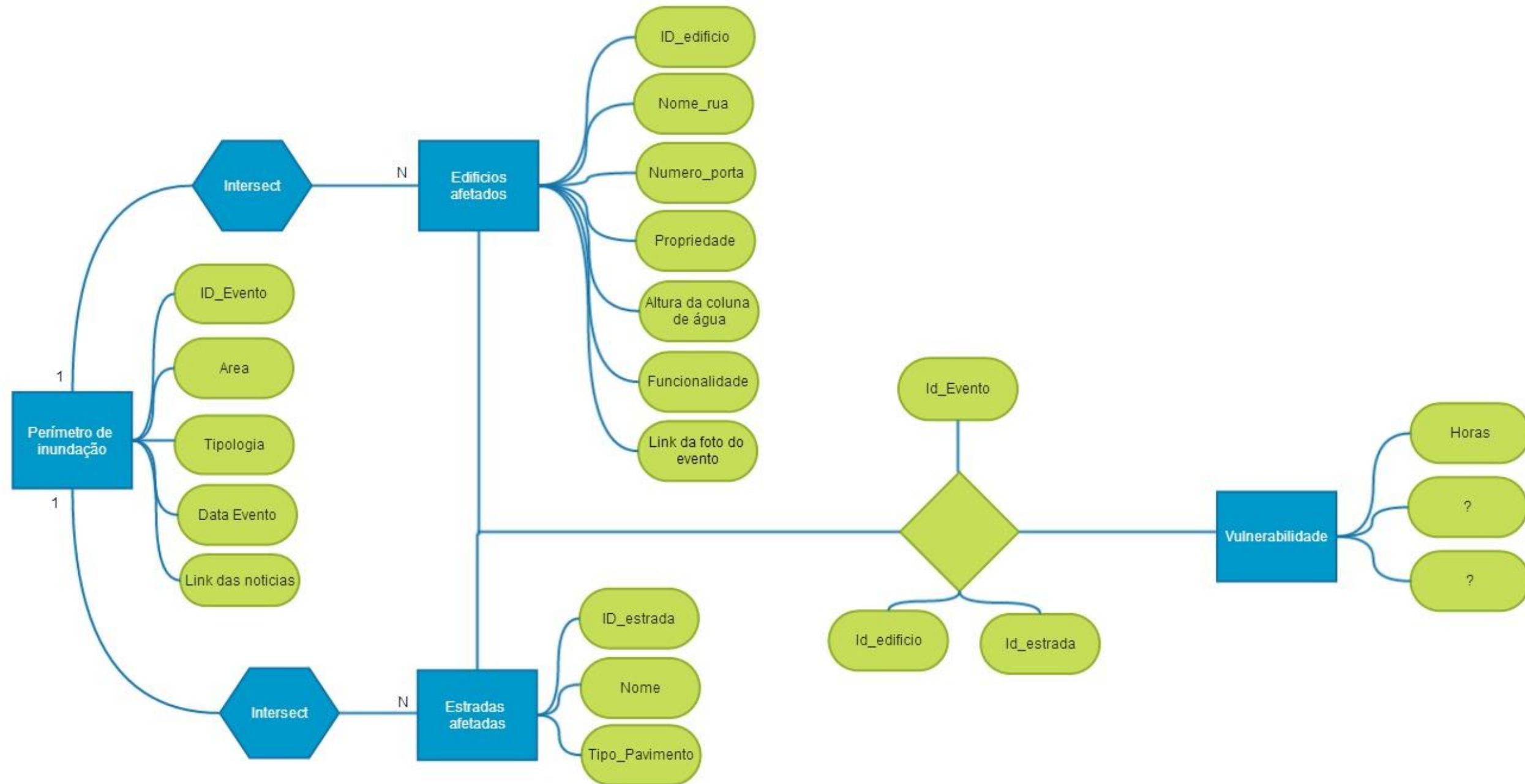
VI. EVENTOS HIDRICOS (HISTÓRICO)										
Data:										
Caracterização do evento	Tipo do evento:		Problemas de escoamento superficial?		Sim					
	Aluvião/Cheias rápidas				Não ou Não se sabe					
	Inundação urbana		Se sim qual a direção?		Ruas:					
	Inundação costeira									
	Medidas									
	Altura da coluna de água (m)		Precipitação (mm)				Fonte			
	Ponto A		Estação Santa Catarina/ Aeroporto							
	Ponto B		Estação Santo da Serra							
	Ponto C									
	Ponto D		Inundação Costeira				Fonte			
	Ponto E		Ondas (m)							
	Elementos expostos									
	Habitação				Estabelecimentos comerciais				Campos agrícolas	
	Infraestruturas (muros, canalização)				Equipamentos públicos				Outros:	
Vias de comunicação				Fornecimento público (água, luz)						
Fonte	Entidade Pública		Privados (residentes, comerciantes)		Documentação					
Data:										
Caracterização do evento	Tipo do evento:		Problemas de escoamento superficial?		Sim					
	Aluvião/Cheias rápidas				Não ou Não se sabe					
	Inundação urbana		Se sim qual a direção?		Ruas:					
	Inundação costeira									
	Medidas									
	Altura da coluna de água (m)		Precipitação (mm)				Fonte			
	Ponto A		Estação Santa Catarina/ Aeroporto							
	Ponto B		Estação Santo da Serra							
	Ponto C									
	Ponto D		Inundação Costeira				Fonte			
	Ponto E		Ondas (m)							
	Elementos expostos									
	Habitação				Estabelecimentos comerciais				Campos agrícolas	
	Infraestruturas (muros, canalização)				Equipamentos públicos				Outros:	
Vias de comunicação				Fornecimento público (água, luz)						
Fonte	Entidade Pública		Privados (residentes, comerciantes)		Documentação					
Data:										
Caracterização do evento	Tipo do evento:		Problemas de escoamento superficial?		Sim					
	Aluvião/Cheias rápidas				Não ou Não se sabe					
	Inundação urbana		Se sim qual a direção?		Ruas:					
	Inundação costeira									
	Medidas									
	Altura da coluna de água (m)		Precipitação (mm)				Fonte			
	Ponto A		Estação Santa Catarina/ Aeroporto							
	Ponto B		Estação Santo da Serra							
	Ponto C									
	Ponto D		Inundação Costeira				Fonte			
	Ponto E		Ondas (m)							
	Elementos expostos									
	Habitação				Estabelecimentos comerciais				Campos agrícolas	
	Infraestruturas (muros, canalização)				Equipamentos públicos				Outros:	
Vias de comunicação				Fornecimento público (água, luz)						
Fonte	Entidade Pública		Privados (residentes, comerciantes)		Documentação					

Anexo 2 - Exemplo da tabela “Relatos”, 1842.

Fonte	Relato	Informação
Acta Extraordinária citada por PIO, Manuel (2001)	“ (...) no d’ontem pelas cinco horas da manhã; de que resultou destruir a Ribeira parte da muralha nova e velha do lado Oriental desde a extremidade da propriedade de Guilherme Grant, negociante Britanico, contígua à Misericórdia desta villa até abaixo da ponte na extensão de vinte e seis braças, inclusive oito sem alicerce e três de uma forma semicircular tendo do encosto de terra e cascalho correndo alli a água quási encostada à parede dos álamos:”	No dia 23 sucedeu-se a primeira cheia rápida. A impetuosidade do caudal destruiu o muro de suporte da ribeira afetando a área abaixo da Quinta Grant (propriedade que encontra-se no lado norte da Avenida 25 de Junho, isto é, no lado oposto da Misericórdia) isto é, na atualidade corresponde à Avenida 25 de Junho, Praça Dr. Abel de Freitas; R. Irmã Wilson; R. do Bom Jesus. A citação indica que a destruição do muro deu-se na extremidade da referida Quinta estendendo-se a destruição até à ponte. A ponte referenciada pensa-se ser a Ponte de São Fernando, tal é afirmado com a indicação da reconstrução desta mesma nas vereações municipais.
Revista Cultural Origens Nº8, pag.38	“ hoje a casa e a parte da Quinta faz parte da Escola Básica de Santa Cruz. Uma parte está a servir de estacionamento [Rua Bom Jesus] para carros particulares e outra parte da Quinta mais perto do centro urbano (...)”	
Acta Extraordinária citada por PIO, Manuel (2001)	“- do lado ocidental destruiu parte do pegão da ponte e parte do paredão de pedra ensôca que fecha na rocha do Tello: - abriu também uma grande cova que levou a rampa da ponte, e a coluna que corréo pela fazenda da Conceição de que é colono Domingos Alves inundou o pavimento do antigo e arruinado edificio da capela d’aquella nome (Capela Nossa Senhora da Conceição) e continuou até à porta da loja da caza dos Herdeiros de Maximiano Francisco da Silva Barreto.”	Como não é possível localizar através das informações fornecidas apenas conclui-se que a parte ocidental da Ribeira de Santa Cruz foi afetada correspondendo ao sítio de São Fernando.
Revista Cultural Origens Nº21, p.9-17	Capela Nossa Senhora da Conceição em Santa Cruz localiza-se junto ao Solar de São Gil ou da Calçada, contudo segundo CARITA (1990) citado por RODRIGUES (2010) existiu duas capelas a mais antiga em São Fernando e a de São Gil apenas aparece em 1892.	
Acta Extraordinária citada por PIO, Manuel (2001)	"Na manhã do dia vinte e três por uma coluna d’aguaa do Ribeirinho foram inundadas as ruas do Calhão – da Praça – e parte da Ponte Nova - e na tarde do dia do dia vinte e quatro, pela água da Ribeira entrada ao longo do Passeio do Calhão não só forão inundadas aquelas ditas ruas, mas também forão as da Costa, Direita e Amargura (...).”	Como a Ribeira de Santa Cruz a Ribeira da Calçada/Ribeirinho transbordou inundando atual Rua da Praça [ contudo na Revista Cultural Origens é identificado a Rua do Calhau como a da Praia, como indica a Planta Pedro Azevedo de 1865] e Ponte Nova. No dia 24, foram inundadas outras ruas: Ruas Conselheiro Luís Freitas Branco (Amargura); R. Ponte Nova (sector da Praça da Praça Padre Gabriel Olavo Francês - Costa); Rua Cónego Alfredo Oliveira (Direitra);
Revista Cultural Origens Nº10, p.11-25	“As primitivas casas da Alfândega da vila de Santa Cruz estavam localizadas na Rua da Amargura, algures no seu lado direito, com as traseiras voltadas para a Ribeira”  Travessa da Fontainha não existia em 1657 contudo nos finais do seculo XVIII a presente via já existia. A “abertura da Rua Dr. José Barros e Sousa que veio unir a atual Praça João de Freitas à Rua da Ponte Nova de acordo com a planta da Vila de Santa Cruz de 1860 terminava onde hoje lhe juntam a Rua do Cravo e a antiga Rua do Costa que começava na atual Rua Direita, atua Rua Alfredo Cesár de Oliveira”, sendo “hoje prolongamento da Rua da Ponte Nova”.	Leva a concluir que possa corresponder a Rua Conselheiro Luís Freitas Branco, concluindo-se com a planta da vila de Santa Cruz de 1865 de António Pedro de Azevedo  Desta forma sabe-se que a Rua da Costa é o prolongamento da Rua da Ponte Nova bem como, não poderá ter ocorrido escoamento superficial na Rua Dr. José Barros e Sousa, uma vez que não existia.
Acta Extraordinária citada por PIO, Manuel (2001)	“As pontes do Ribeiro de São Sebastiam e da Ribeira de Boaventura foram totalmente destruídas naquela primeira cheia”	Indicação que as pontes de São Sebastião (possivelmente a incorporada na via rápida, como encontra-se na pintura de Rasmus Skrov ) e a ponte da Ribeira da Boaventura foram destruídas, o que indica um grande caudal das 3 ribeiras que atravessam Santa Cruz.
Pintor Rasmus Skrov, 1946, em Revista Cultural Origem Nº18 pag.10-28		Ponte do Ribeiro de São Sebastião ou Medeiros
Acta Extraordinári a citada por PIO, Manuel	“e por efeito desta e da segunda toda a latitude desde o pé da ladeira até à rocha de São Pedro ficou sendo leito da Ribeiro destruindo as suas margens e muitas fazendas de vinhas e árvores (...)”	O leito da Ribeira de Santa Cruz no evento de 1842 estendeu-se até a área do atual hotel Vila Galé.



Anexo 3 - Esquema conceitual da base de dados “Eventos hídricos na cidade de Santa Cruz”.

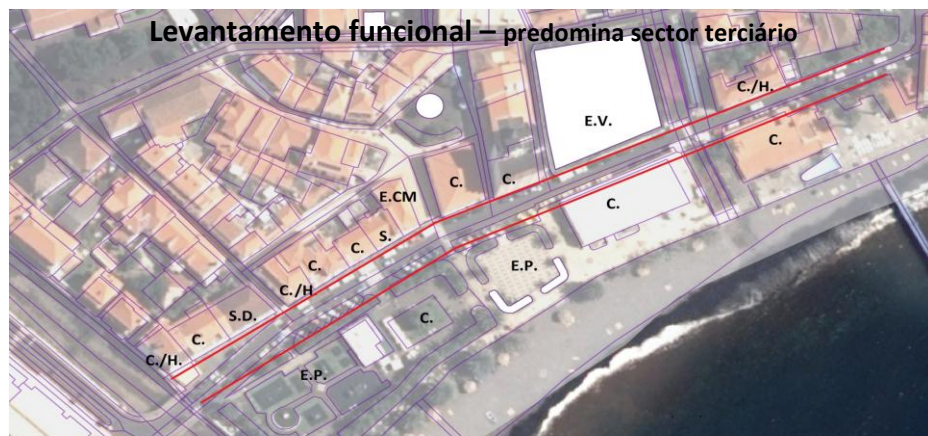


## Frequência e vulnerabilidade funcional a cheias e inundações na cidade de Santa Cruz

#### Anexo 4 - Tabela das vias de comunicação afetadas por evento.

Recorrência da área inundada na cidade de Santa Cruz															
Pontos de Observação	23/24-10-1842	03-11-1956	26-09-1989	30-10-1993	01-04-1995	16-11-1995	30-01-1996	17-12-1997	01-02-1998	5/6-03-2001	08-04-2008	02-02-2010	20-02-2010	30-10-2012	01-03-2013
R. da Praia	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
R. Conselheiro Luís de Freitas Branco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X
R. das Rosas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
R. 17 DE Julho de 1876	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	
R. Cônego Alfredo Oliveira	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Praça Padre Gabriel Olavo Francês	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X		
R. do Cravo	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X		
R. da Praça	X	X	X	X									X		
R. da Ponte Nova	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	
R. do Ribeirinho		X											X		
Tv. Da Figueira													X		
R. Bela S. José		X											X		
R. do Tribunal													X		
R. da Rochinha		X													
TV. Da fontinha															
R. da Fonte															
Tv. Do Pombal															
Praça Dr. João Abel de Freitas	X	X							X				X		
R. Irmã Wilson	X	X		X					X	X	X		X		
Avenida 25 de Junho	X	X								X			X		
R. da Calçada / das Levadas													X		
R. de São Sebastião		X					X						X		
R. Fabien Burnay															
ER207	X	X											X		
R. do Janeiro		X											X		
R. do Cano													X		
R. Velha da Terça													X		
R. de São Fernando															
R. da Morena													X		
Avenida 2 de Agosto de 1996		X								X			X		
R. da Ribeira		X						X					X		
R. Dona Mécia													X		
R. do Bom Jesus	X	X		X				X	X	X	X		X	X	
Promenade	X	X		X	X	X						X	X		
R. Dr. José Barros e Sousa		X	X				X	X	X	X	X		X	X	
Ribeira de Santa Cruz	X	X													
Ribeira do Ribeirinho	X	X													
Legenda: X = Confirmação; X = Hipotese															

## Anexo 5 - Análise da Rua da Praia.



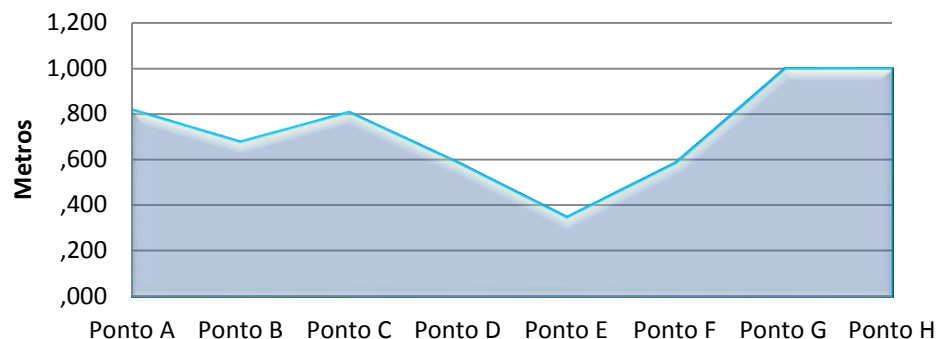
Funcionalidade:

H. - Habitação  
C. - Comércio  
S. - Serviço

CM - Câmara Municipal  
S.D. - Sem dados  
E.CM - Edifício Camarário

E.V. - Espaço Vazio  
E.P. Espaço Público

Coluna de água R. da Praia, 20-02-2010



Situação de medida: I - D;F;H II - G III - A,B



O evento de 20 de Fevereiro inundou a presente área vindo as águas da ribeira (através do sistema pluvial que possui como saída de escoamento esta mesma). Outra fonte de fornecimento foram as ruas perpendiculares: R. Conselheiro Luís de Freitas Branco e da R. do Cónego Alfredo Oliveira. Após o levantamento de campo conclui-se que esta rua foi uma das mais fustigadas pelo fluxo de água, sendo esta um ponto de concentração da água. As imagens fornecidas através do vídeo de Raquel Silva indicam que toda a via se encontrava coberta por água, sendo que no cruzamento com a R. Conselheiro Luís Freitas Branco a água atingiu os 0,59 metros este valor é o correspondente ao ponto D. Também é visível nas imagens que a água quase submergiu o jardim do parque infantil. Nos pontos C assumiu-se o valor do muro com o passeio, uma vez que não se consegue precisar a altura da água, assim neste ponto como no E os valores são medidos pela altura do muro.





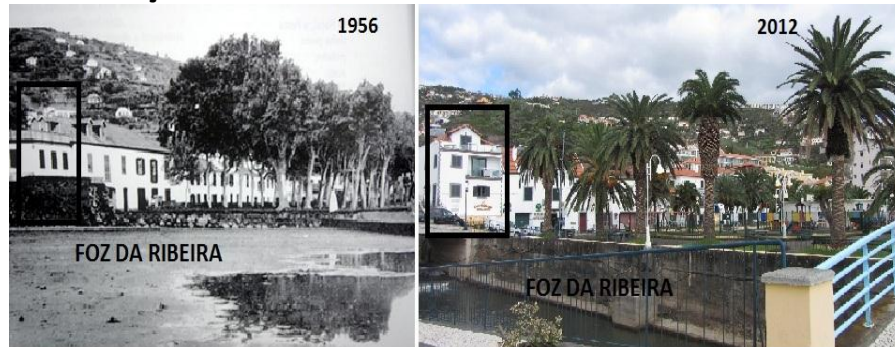
### Novos elementos urbanos: ponte; shopping e hotel



#### Legenda

- Elemento de identificação da posição geográfica
- Hotel (década de 60 campo de futebol)
- Shopping

### DIMINUIÇÃO DA LARGURA DA FOZ DA RIBEIRA DE SANTA CRUZ



#### Legenda:

- Elemento de identificação da posição geográfica

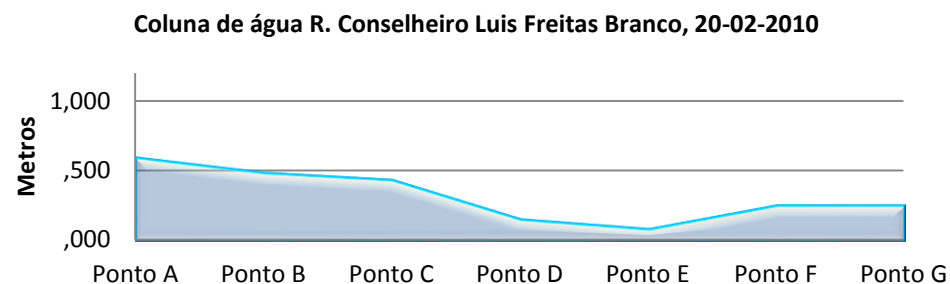




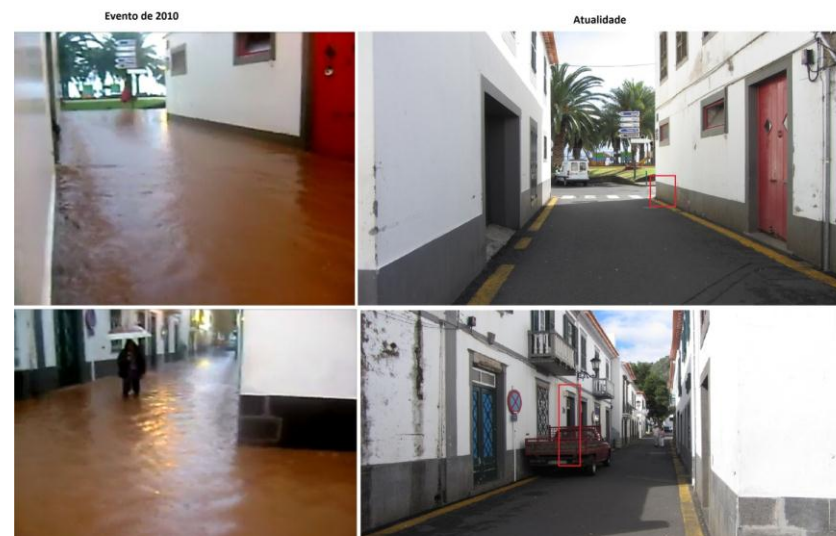
## Anexo 6 - Caracterização da Rua Conselheiro Luís Freitas Branco na cidade de Santa Cruz, Ilha da Madeira: áreas afetadas, frequência e avaliação da vulnerabilidade funcional



Funcionalidade:  
H. - Habitação  
C. - Comércio  
S. - Serviço  
CM - Câmara Municipal



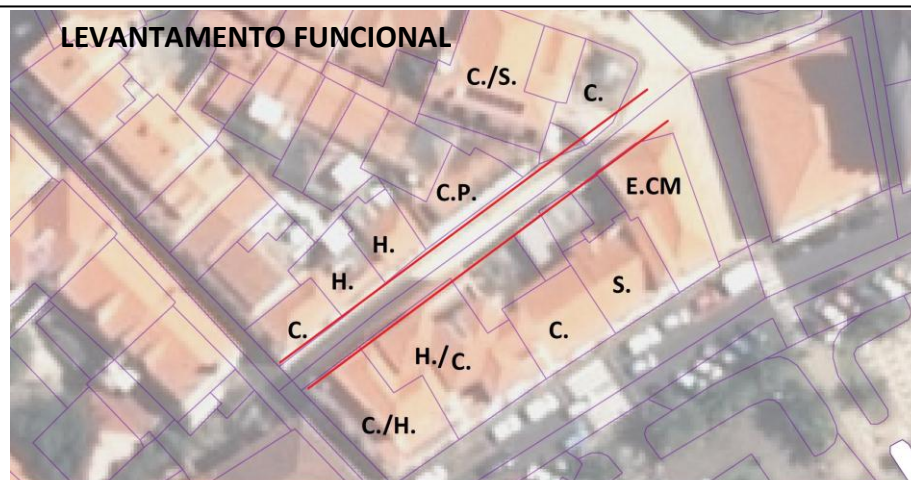
*Situação de medida: II – A,B,E,F,G III- D*



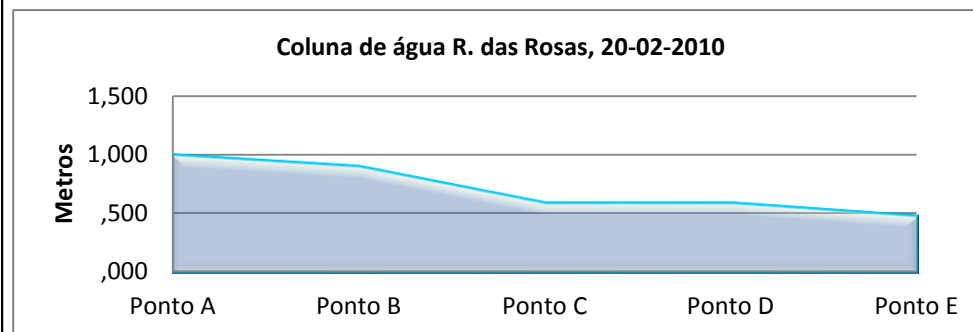
A informação transmitida pelos comerciantes é de que os locais mais afetados possuíam 0.60 metros de água. Registrando-se esse valor no sector sul da rua (ponto de encontro com a Rua da Praia) e no ponto F (Sapataria). O ponto F que se encontra na mesma direção do ponto D não possui a mesma altura de água. Uma causa apontada pelo proprietário do edifício correspondente a D é de que consoante os danos havia subsídios, podendo este valor dos 0.60 metros de água na rua ser erróneo. Deste forma, iguala-se o ponto F ao G. Foi encontrada a marca de água no interior do edifício A e B. As imagens fornecidas por Raquel Silva através do vídeo do dia 20-02-10 demonstram que a R. Conselheiro Luís Freitas Branco encontrava-se inundada. Através destas imagens pode-se verificar que há um encontro das águas na Rua da Praia, formando assim a afirmação de que a presente rua, Conselheiro, é uma via canalizadora. De forma a medir a água presente nas imagens teve-se como referencia a parte cinza da fachada oeste da rua que na esquina com a Rua da Praia mede 0.70. Como é demonstrado nas imagens esta não ultrapassou esse limite, tomando-se como valor o indicado no estabelecimento do lado este, que mediu exteriormente 0.59 de água. No cruzamento entre a presente Rua e a Rua das Rosas mediu-se 0.48 metros de água. Verificando-se que há medida que se aproximava da Rua da Praia a quantidade de água aumentava.



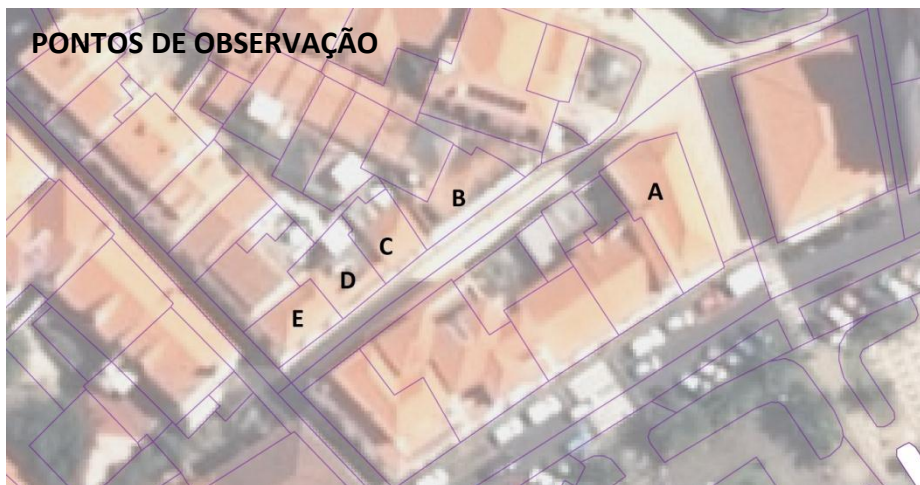
**Anexo 7 - Rua das Rosas, análise.**



Funcionalidade:  
 H. - Habitação  
 C. - Comércio  
 S. - Serviço  
 C.P. - Casa do Povo  
 E.CM. - Edifício Camarário



Situação de medida: II- A, B, E III- D, C



A Rua das Rosas segundo as imagens demonstram no 20-02-10 foi afetada, registando um dos valores mais altos da inundação urbana, registando-se 1.00 metro de água. Segundo o relato de moradores desta via, é frequente as inundações quando ocorre episódios de precipitação intensa. Após o evento de 2010 a Camara interveio na área aumentando as calhas de escoamento de forma a ter uma maior capacidade face à quantidade de água. Os dados recolhidos permite concluir que a fonte de água advinha da Rua do Cônego Alfredo Oliveira, pois era no cruzamento desta que registou-se os maiores valores, diminuindo quando se dirigia para a Rua Conselheiro Luís Freitas Branco.

**Anexo 8 - Rua das Rosas, análise.**



No dia 30-10-12 ocorreu um período de precipitação intensa que resultou numa inundação urbana na Rua das Rosas. A indicação da responsável da Casa Do Povo indicou a altura da água, e como é visível na fachada do edifício a marca da água. A presença da água foi de 0.16 no início da via e de 0.08 à frente da Casa do Povo.

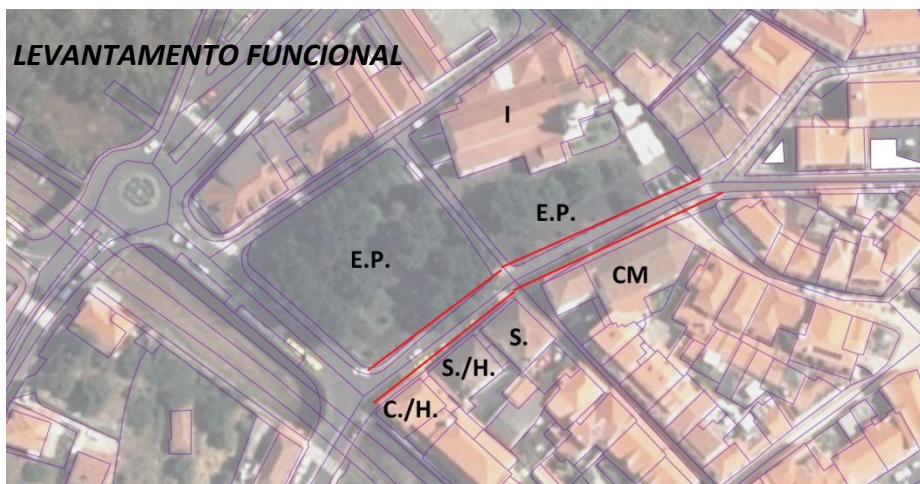


Dia 1-03-2013, inundação devido a impermeabilização e falha do escoamento superficial.





Anexo 9 - Análise a Rua 17 de Julho de 1876.



Funcionalidade:

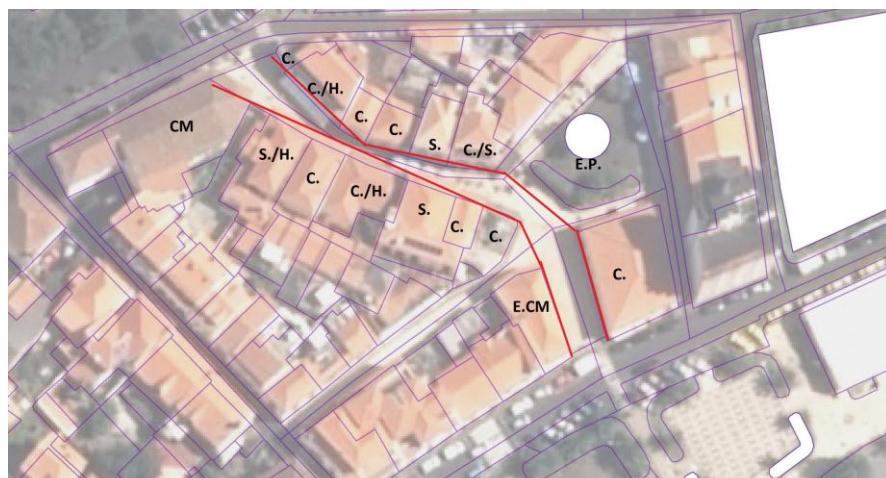
H. - Habitação	E.P. - Espaço Público
C. - Comércio	CM- Camãra Municipal
S. - Serviços	I- Igreja



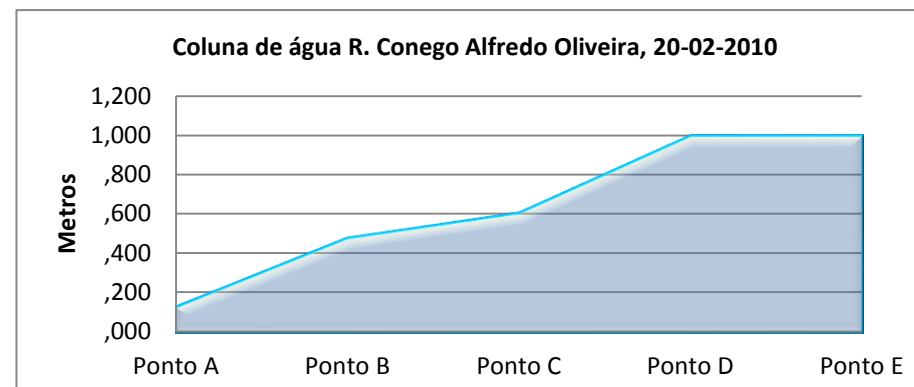
A precipitação de 30-10-12 originou uma inundação na Rua 17 de Julho de 1876, cobrindo a rua até o cruzamento da Rua Conselheiro Luís Freitas Branco. Esta inundação deve-se não só ao valor da precipitação bem com a incapacidade das adufas a



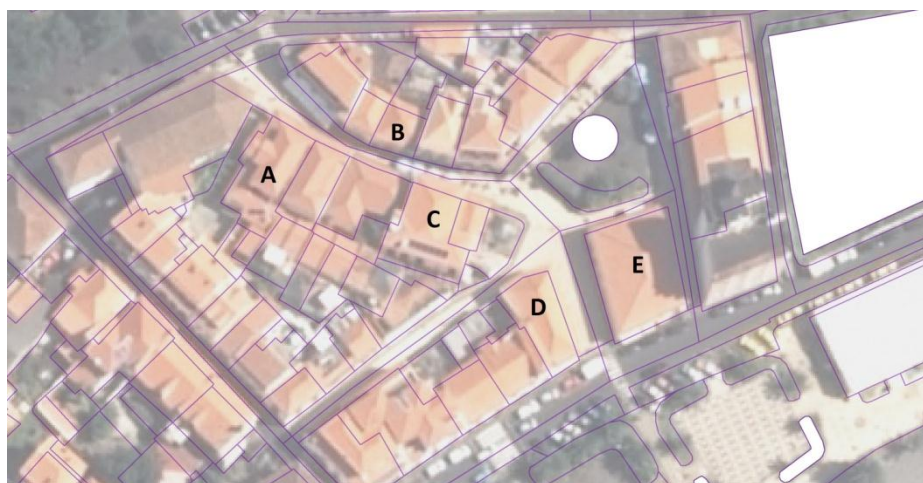
# Anexo 10 - Caracterização da Rua Cónego Alfredo Oliveira.



Funcionalidade:  
H. - Habitação  
C. - Comércio  
S. - Serviço  
CM - Camara Municipal  
E.CM - Edifício Camarario  
E.P. Espaço Público

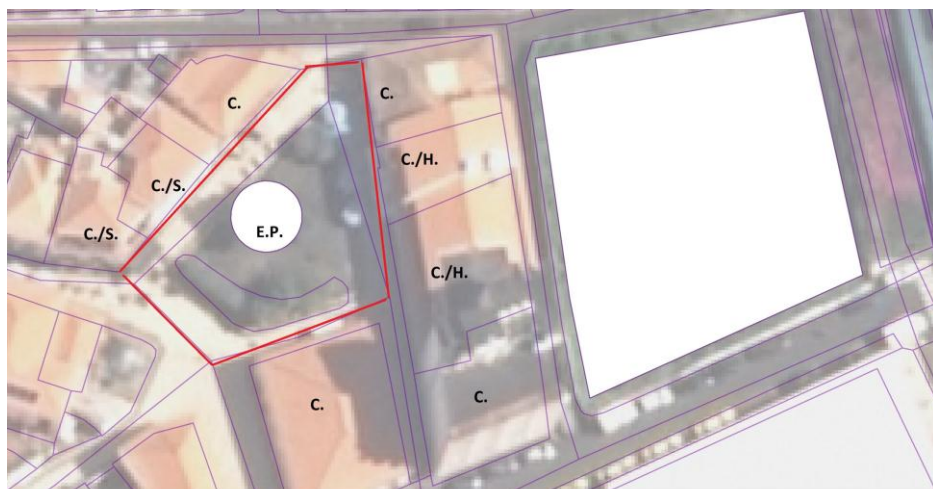


Situação de medida: II -A,B,C,E,D

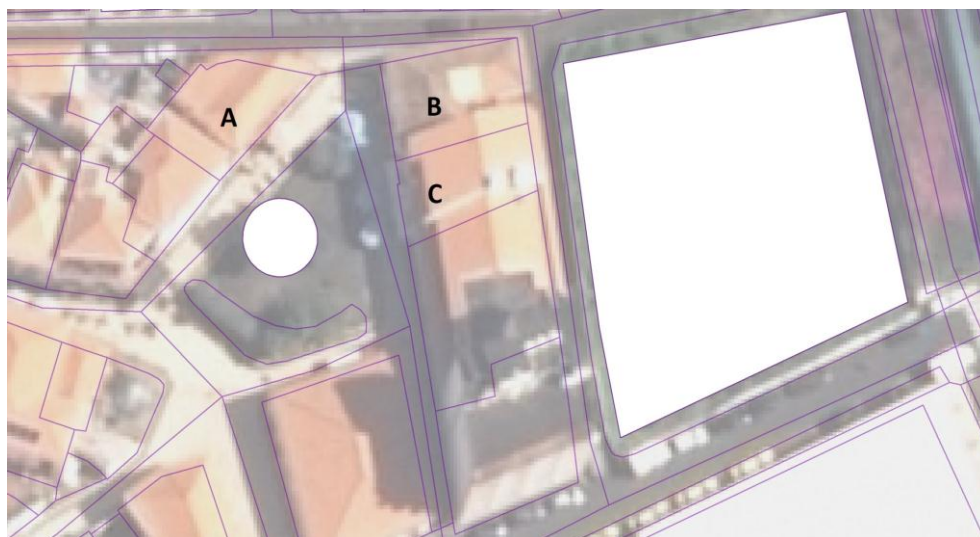


Ao ter-se em atenção a altura da água no evento de 20-02-10 observa-se que os maiores valores registaram-se no nó junto à Praça Padre Gabriel Olavo Francês, sendo o edifício onde encontra-se atualmente o Gabinete de desporto o mais afetado, uma vez que, registou 1.00 metro de água no seu anterior. É de ter atenção que foi indicada que à data do evento o presente gabinete não estava instalado neste local. Outra nota é a de que o estabelecimento da esquina cm a Rua Dr. José Barros e Sousa não foi afetado pelo escoamento superficial o que poderá indicar que a maior quantidade de água avistada nesta rua não tenha advindo da R. Dr. José Barros e Sousa. No dia 30-10-12 devido a incapacidade da rede pluvial a subir o passeio da Rua 17 de julho de 1876 (acima dos 0,11 m) presenciando-se escoamento na Rua Cónego Alfredo Oliveira.

**. Anexo 11 - Levantamento da Praça Padre Gabriel Olavo Francês.**



Funcionalidade:  
H. - Habitação E.P. Espaço Público  
C. - Comércio  
S. - Serviço

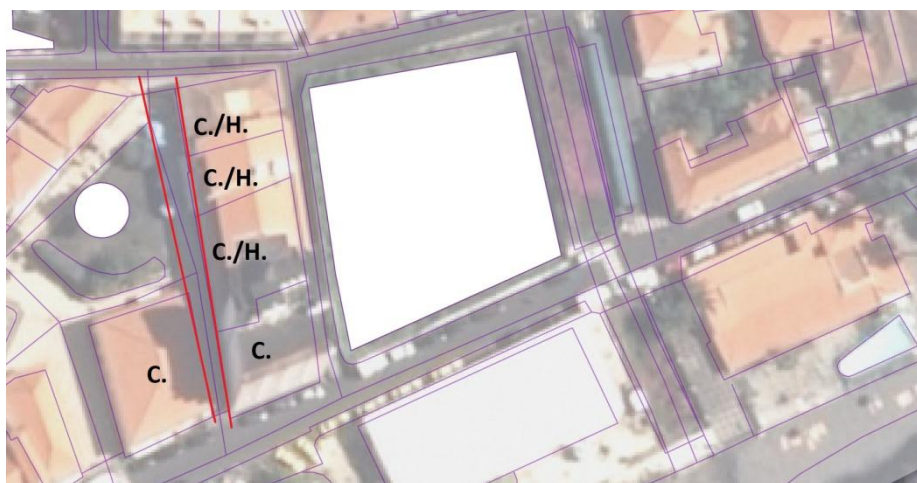


*Os dados relativos à altura da água da área circundante da praça foram escassos, uma vez que, desde o ano 2010 à data do levantamento houve mudança de proprietários dos estabelecimentos.*

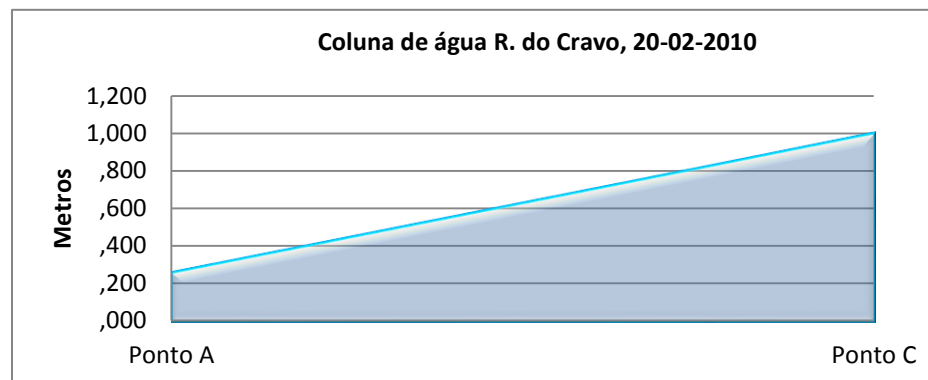
*O evento de 30-10-12 permitiu verificar a falta de limpeza das calhas de escoamento, na Rua Dr. José Barros e Sousa tem consequência para a presente Praça pois acumulação de água começa a escoar-se nesta direção. Assim conclui-se que esta Rua alimenta a Praça Padre Gabriel Olavo Francês, sendo esta um ponto de convergência e divergência.*



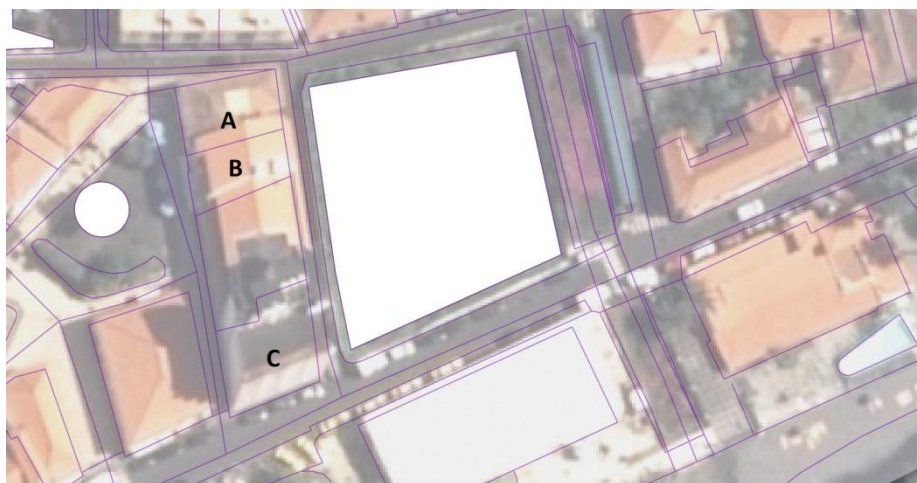
**Anexo 12 - Rua do Cravo, caracterização.**



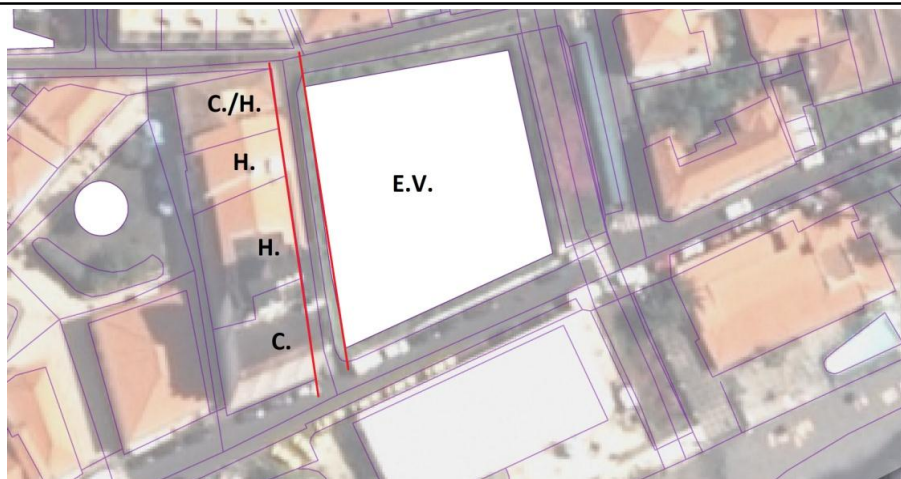
Funcionalidade:  
H. - Habitação  
C. - Comércio  
S. - Serviço



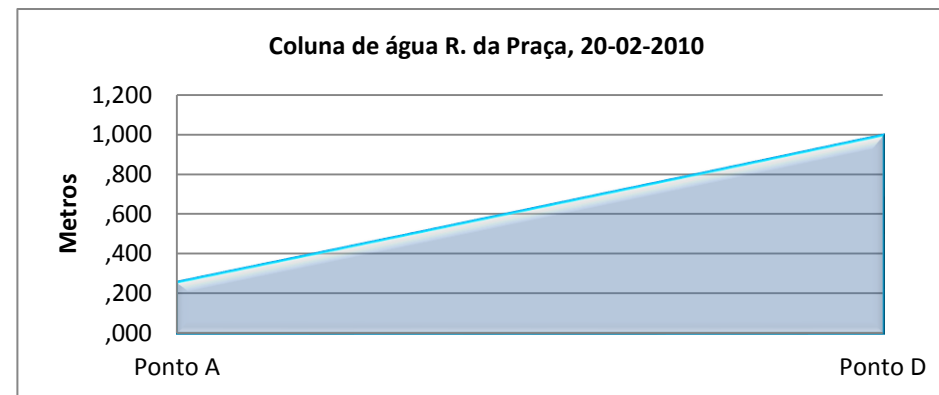
*Situação de medida: I – C II- A*



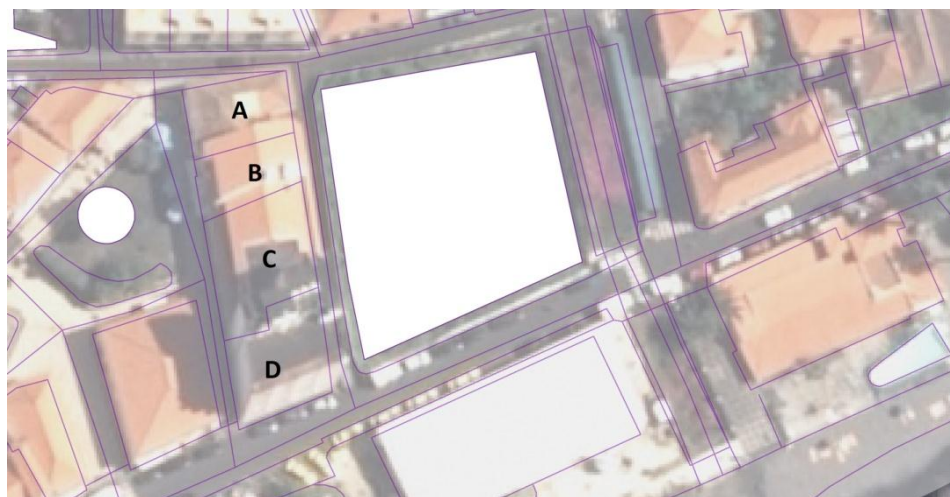
### Anexo 13 - Análise da Rua do Cravo.



Funcionalidade:  
H. - Habitação  
C. - Comércio  
S. - Serviço  
E.V. - Espaço vazio



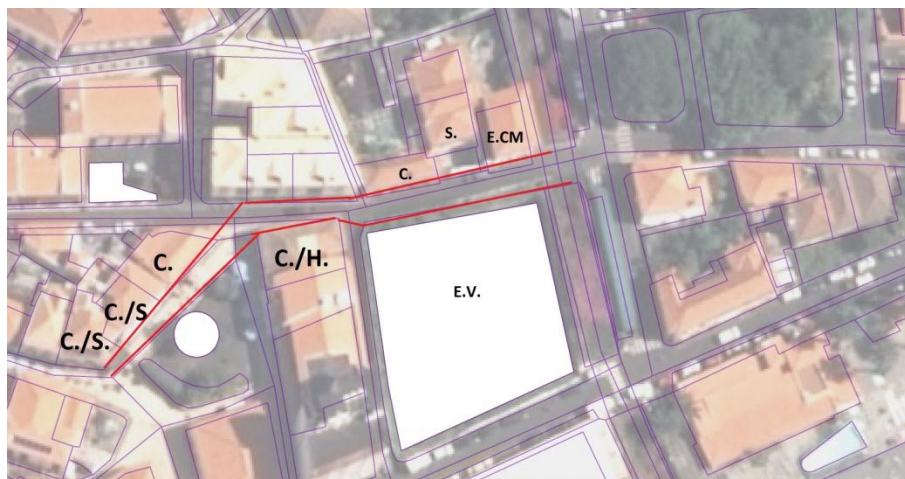
Situação de medida: I- D II- A



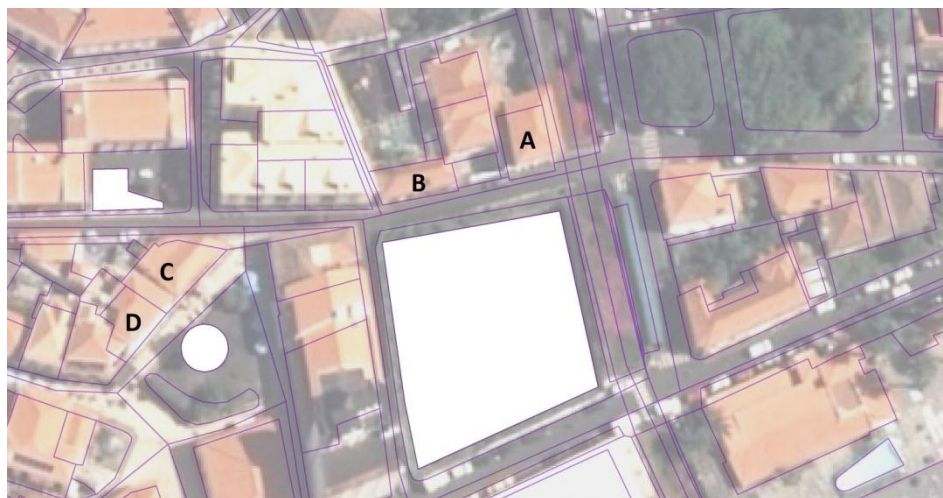
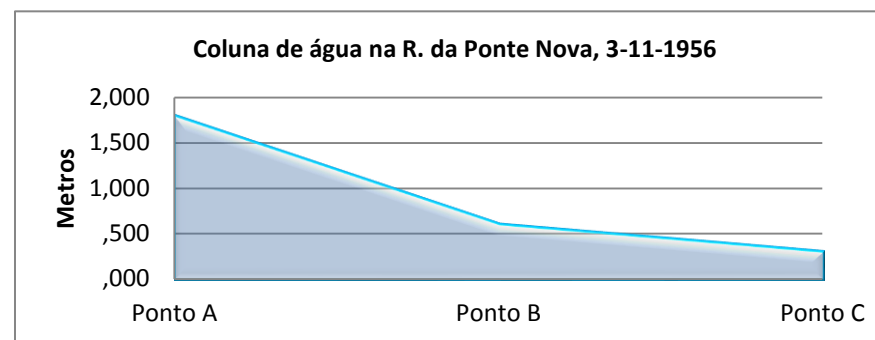
O mesmo que sucedeu na Rua do Cravo acontece na Rua da Praça, tal deve-se a compartilhar os mesmos edifícios. No que respeita aos residentes da rua não conseguimos qualquer tipo de declaração sobre altura da água.



#### Anexo 14 - Caracterização da Rua Ponte Nova

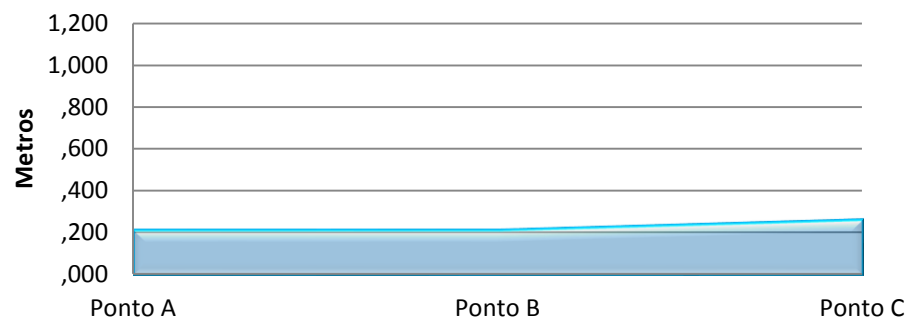


Funcionalidade:  
 H. - Habitação  
 C. - Comércio  
 S. - Serviço  
 E.CM - Edifício Camarário  
 E.V. - Espaço Vazio



Os estragos deveram-se à obstrução da Ribeira na área da Ponte Nova pelos materiais transportados. Transbordando as ruas próximas.

Coluna de água R. da Ponte Nova, 20-02-2010



*A R. da Ponte Nova pela altura da água demonstra que é uma via recetora e canalizadora da água.*

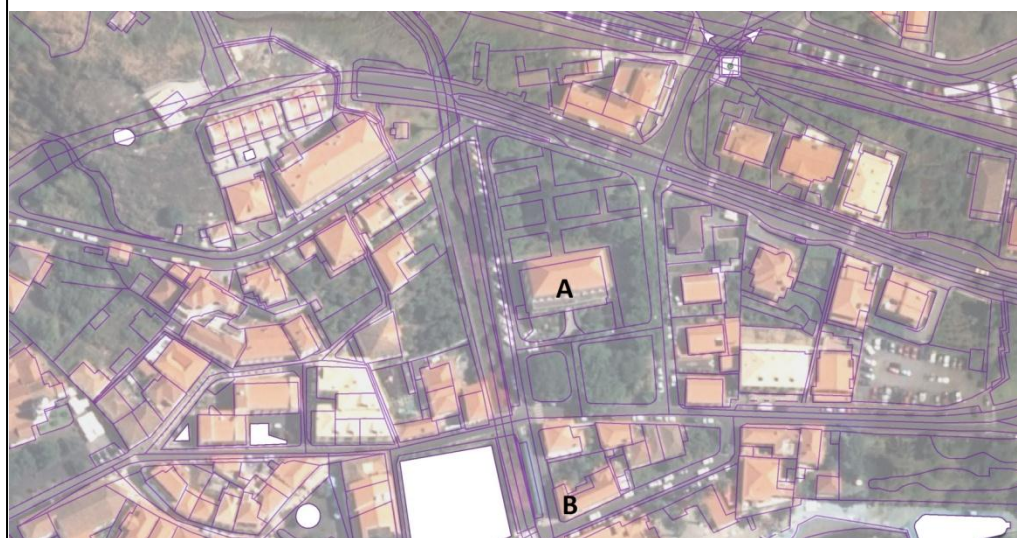
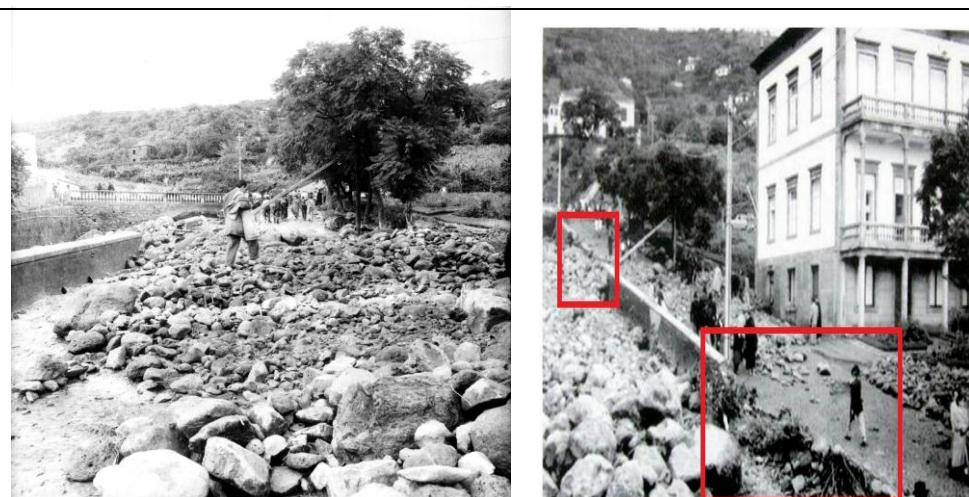




**Anexo 15 - Análise da Rua do Ribeirinho.**



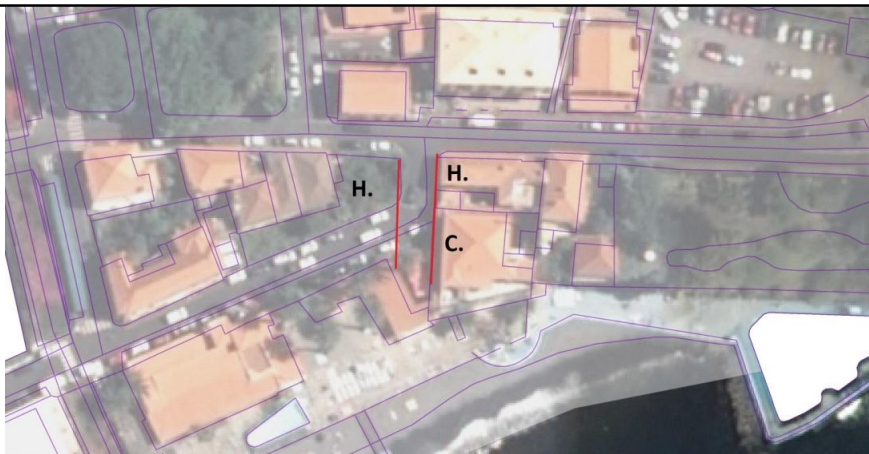
Funcionalidade:  
H. - Habitação E.CM - Edifício Camarario  
C. - Comércio  
S. - Serviços



As imagens demonstram o entulho transportado pela Ribeira do Ribeirinho que transbordou para a Rua do Ribeirinho. Deteta-se na segunda imagem destruição do muro que a marginava. As imagens demonstram o momento do evento no 20 de fevereiro de 2010 e o agora, percebendo-nos que esta área foi uma área de divergência de águas.



**Anexo 16 - Travessa da Figueira, caracterização da via.**



Funcionalidade:  
H. - Habitação  
C. - Comércio  
S. - Serviço



A água presente na Travessa da Figueira advinha da área da Calçada, acumulando-se na área da Rua da Praia, onde o fluxo ia-se expandido por área ocupada pela via. No dia 30-10-12 foi possível verificar escoamento nesta via, provindo da rua do Tribunal, confirmando-se o cenário de 2010.



**Anexo 17 - Rua Bela de São José, análise.**



Funcionalidade:

H. - Habitación

C. - Comércio

S. - Serviço

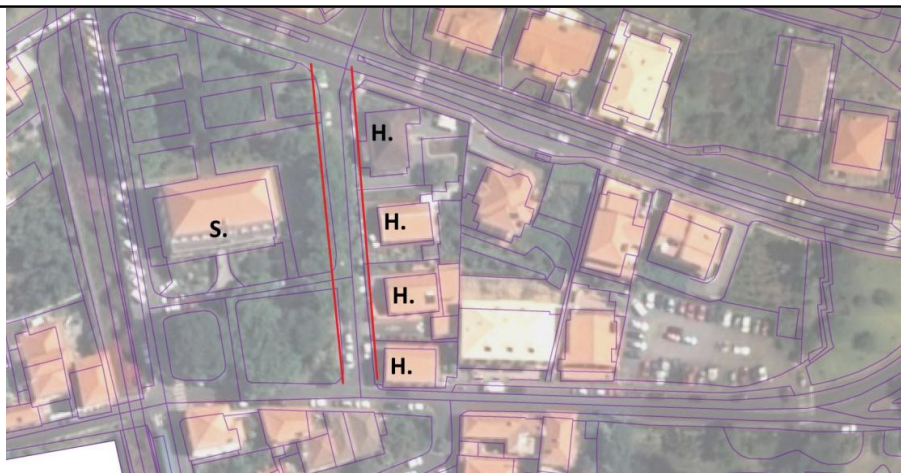
E.P. - Edifício público

ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais





# **Anexo 18 - Caraterização da Rua do Tribunal.**



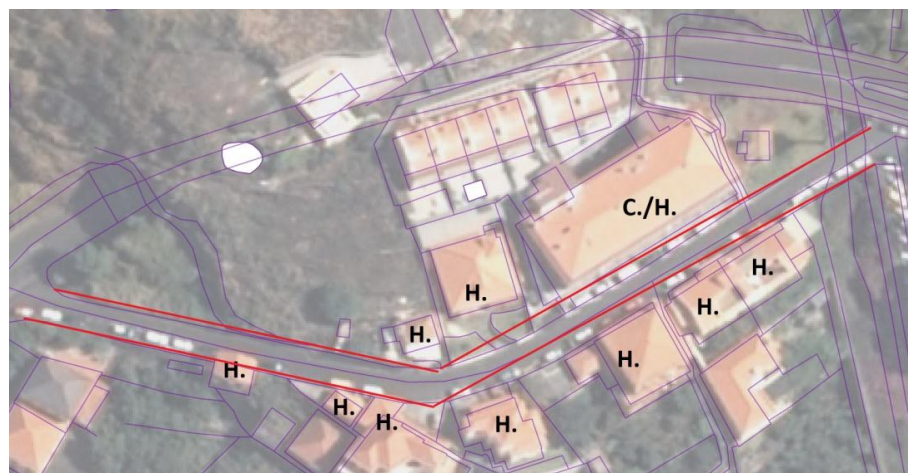
Funcionalidade:  
H. - Habitação  
C. - Comércio  
S. - Serviço



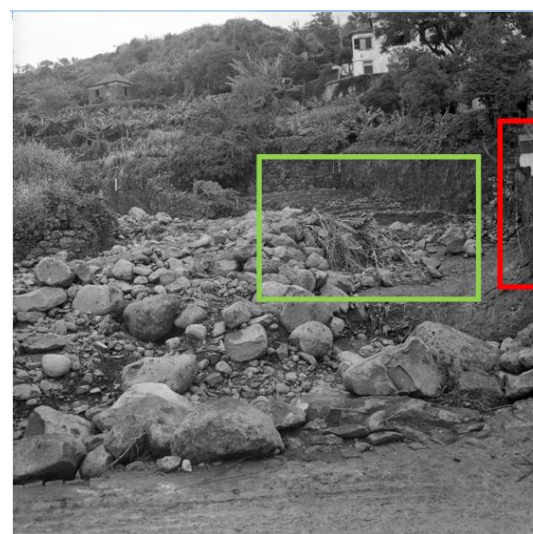
Ambas as imagens são instantâneos do vídeo produzido no dia 20-02-10. Este permitiu averiguar que a água procurava na superfície a Rua do Tribunal como via de escoamento, sendo esta identificada como recetora e canalizador, uma vez que às imagens indicam que água provém da água da Avenida 25 de Junho e do cruzamento da Rua da Calçada e da R. Sebastião. O bairro do Tribunal corresponde a um ponto de divergência de águas encaminhando para a Rua do Ribeirinho, R. Bela S. José. No dia 30-10-12 sucedeu-se a situação de períodos de precipitação intensa que permitiu verificar a direção da água na Rua do Tribunal. O escoamento nesta é canalizado para a Rua Bela S. José que por sua vez dirige o fluxo para a Travessa da Figueira.



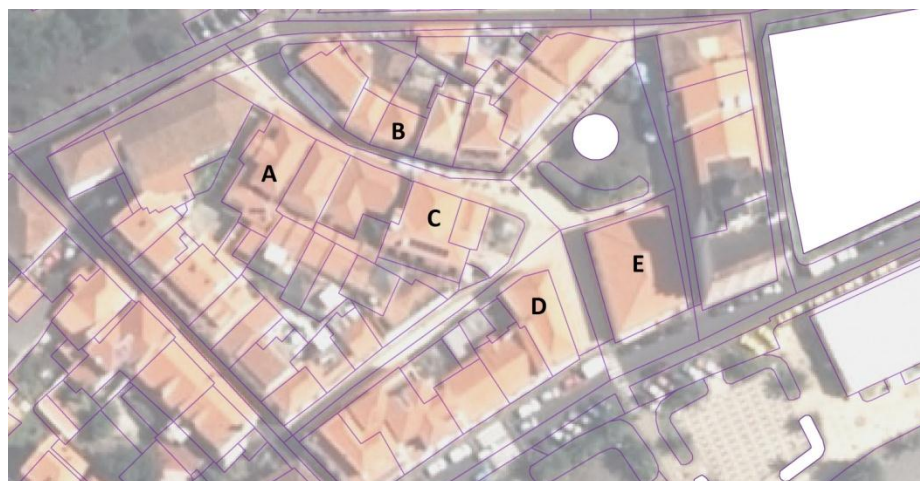
# **Anexo 19 - Análise da Rua da Rochinha.**



Funcionalidade:  
H. - Habitação  
C. - Comércio  
S. - Serviço

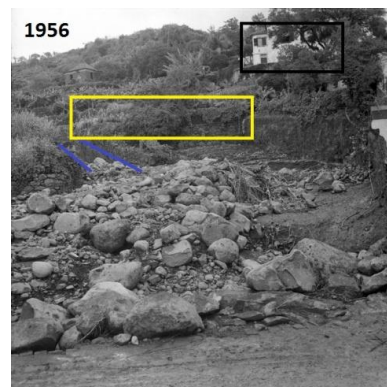


A imagem foi fotografada de cima da Ponte da Rochinha e demonstra material transportado pela Ribeira que consequentemente cobriu a referida ponte. Deteta-se na imagem também a destruição de campos agrícolas, bem como um muro (possivelmente de suporte).



Na saída de campo detetou-se que a parte da ribeira canalizada é mais estreita antes da ponte da Rochinha. Também avistou-se um moinho de água aproximadamente 12,50 metros da ribeira o que poderá indicar a modificação do leito da ribeira, traduzindo-se na redução da largura desta. Tal hipótese é colocada tendo em atenção que os moinhos localizam-se junto às ribeiras para poder ter uma fonte de energia.



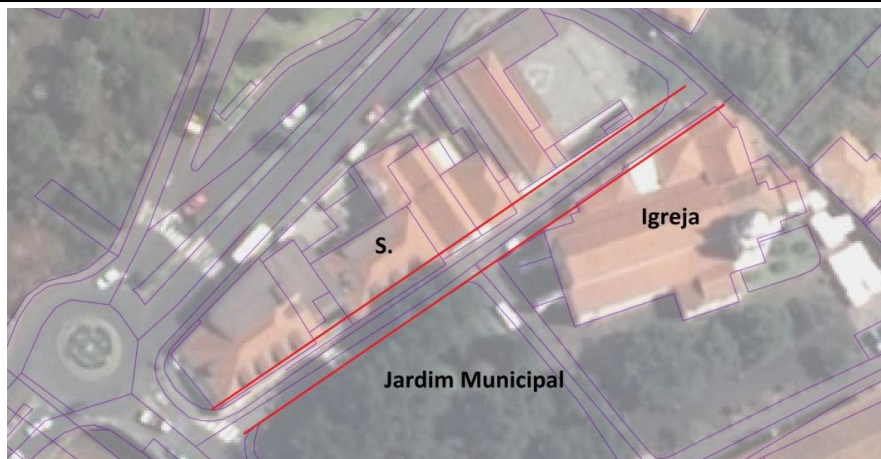


Legenda:

- Elemento de identificação da posição geográfica
- Ribeira
- Via Rápida

De 1956 a 2012 através do ponto de observação (ponte da rochinha) verifica-se alterações paisagísticas, nomeadamente, a construção da Avenida 25 de Junho, da Via rápida (esta ultima intersecta a ribeira) e a canalização da Ribeira.

## Anexo 20 - Análise da Rua Irmã Wilson.



Funcionalidade:  
H. - Habitação  
C. - Comércio  
S. - Serviço



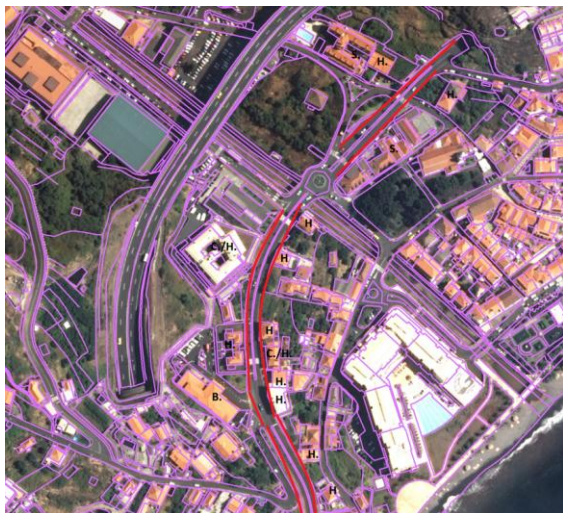
A Rua Irmã Wilson no dia 30-10-12 registou uma inundação urbana sendo uma via recetora e canalizadora. Note-se que a fotografia capturada no penúltimo dia de outubro do ano de 2012 existe um ponto de acumulação na área à frente da igreja, que depois encaminha a água pelo Jardim Municipal. A água desta rua provinha da Ponte da Avenida 25 de Junho de uma rutura da cobertura da mesma.



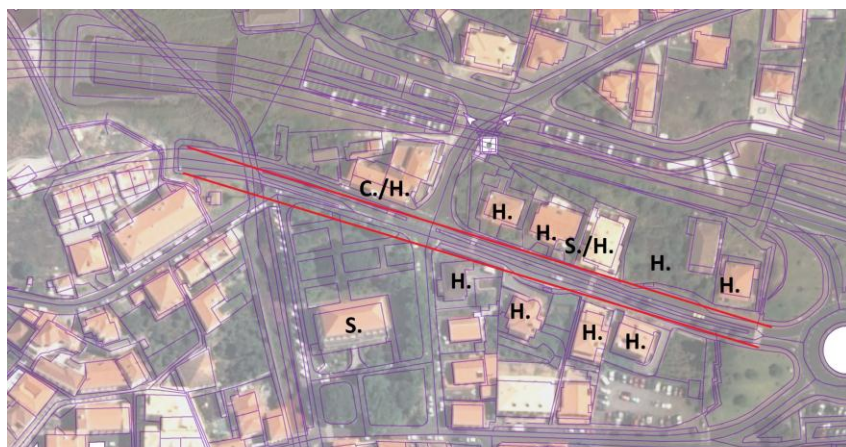
Fonte do escoamento superficial no dia 30-10-12 para a Rua Irma Wilson.



Anexo 21 - Avenida 25 de Junho (ER207), caracterização da via.



Avenida 25 de Junho



Funcionalidade:  
H. - Habitação  
C. - Comércio  
S. - Serviços

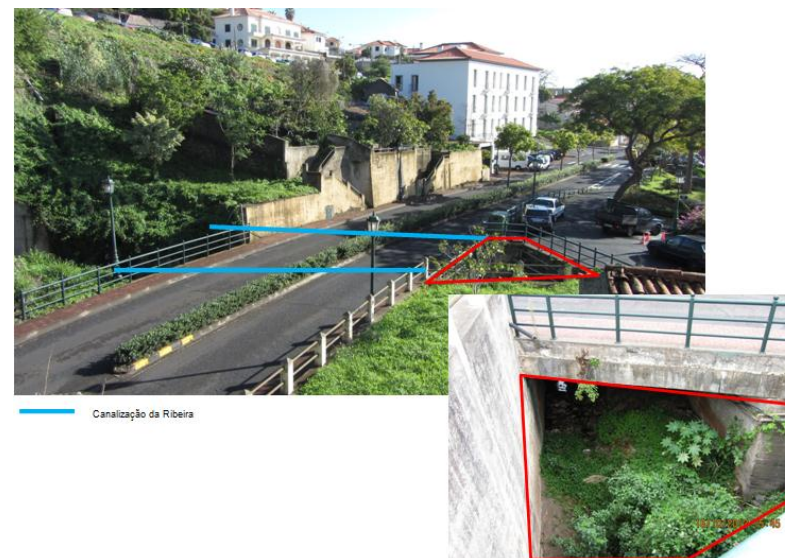


Em 1956 o evento ocorrido afetou parte da Avenida 25 de Junho, ainda inexistente. A indicação da visualização é a construção da ligação entre o troço 1 e 2 pelo túnel é realizada sobre a ribeira, canalizando-a. Note-se que a ligação é feita numa cota inferior à ponte da Rochinha. A ER207 ( Avenida 25 de Junho) no dia 30-10-12 funcionou como via de escoamento superficial que depois encaminhava a água para a Rua Irmã Wilson. Para além do fluxo advindo do quartel dos bombeiros, detetou-se um nova fonte que possivelmente deveu-se à incapacidade da rede pluvial, fazendo rebentar a cobertura do pavimento, criando-se um mini chafariz.





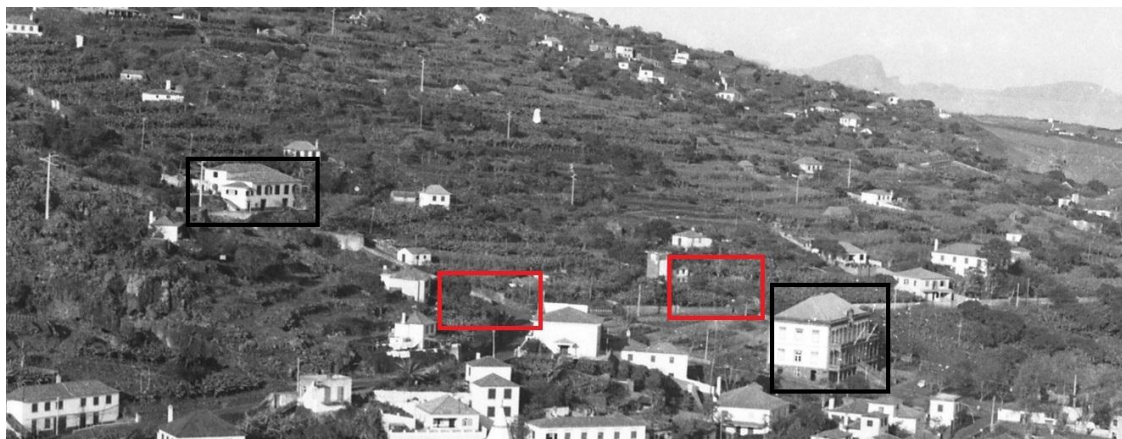
Legenda:  
 — Elemento de identificação da posição geográfica  
 — Construção do túnel  
 — Avenida 25 de Junho (troço 2)



A construção da Avenida 25 de Junho numa cota inferior da Ponte da Rochinha originou a redução da altura da ribeira reduzindo-se também na largura. Desta forma conclui-se que houve uma redução de caudal. Na presente fotografia verifica-se a ausência do túnel Avenida 25 de Junho existindo o troço antes, que fazia continuação pela Rua da Rochinha para o troço 2. Esta via constituía a via cintura interna de Santa Cruz.



## Anexo 22 – Rua da Calçada, caracterização.



Legenda:

— Elemento de identificação da posição geográfica    — Rua da Calçada (alteração)



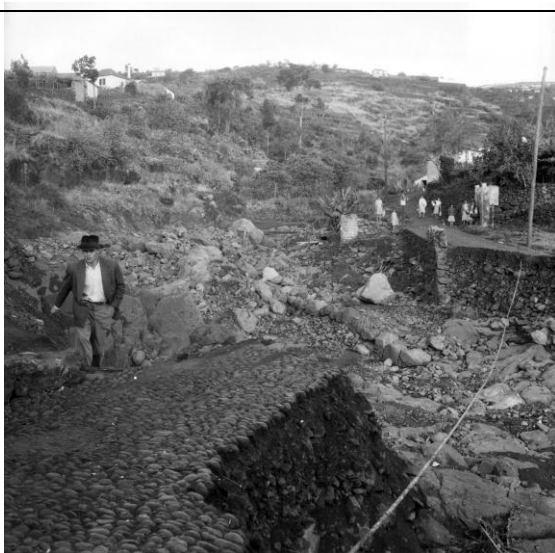
A presente imagem demonstra uma alteração do percurso da Rua da Calçada. A presente imagem também permite concluir que em 1956 depois da cintura interna de Santa Cruz, a paisagem era dita rural, registando-se deste modo uma alteração de vegetação para construção de vias de comunicação e edifícios



AS imagens fornecidas pelo levantamento do 20-02-2010 no concelho de Santa Cruz demonstram que a Rua da Calçada presenciou fluxo de água destruindo o pavimento. Tal permite em conjugação com a informação recolhida nos Bombeiros Municipais afirmar que esta rua é uma via canalizadora das águas que advêm das áreas mais altas.



**Anexo 23 – Análise da Rua de São Sebastião.**



A precipitação ocorrida a 3 de Novembro de 1956 levou a que se registasse nas principais ribeiras de Santa Cruz cheias rápidas, para além da Ribeira de Santa Cruz, Ribeirinho as águas da Ribeira do Moreno provocaram estragos. Na presente imagem regista-se a destruição de uma via de comunicação e de campos agrícolas



O material transportado pela ribeira devido ao estrangulamento desta mesma formou um dique fazendo com que o fluxo se desviasse do seu percurso natural inundando as vias de comunicação.

O fluxo advindo do dique formado tomou a direção da R. São Sebastião, dirigindo-se parte para a ribeira e outra parte para a ER207. As vias mencionadas ficaram intransitáveis.

As imagens demonstram um estrangulamento da Ribeira do Moreno, fazendo com que as águas <sup>42</sup> chegar aqui diminuíssem a sua largura e aumenta-se a sua altura fazendo com que a água transbordasse e os materiais de maior dimensão formassem um dique, fazendo a água cavalgar a ponte.

**Anexo 24- Análise da Estrada Regional 207, Aeroporto.**

1



2



3





4



A imagem fornecida pelo fotografo João Monteiro captou o cenário da ER207 no 20 de Fevereiro de 2010 pela volta das 14.15 (h), registando por debaixo da ponte um ponto de concentração das águas provenientes tanto da Ribeira do Moreno como da Terça de Cima (1). No dia após o evento de 20 de Fevereiro de 2010 o fotografo Manuel registou os destroços causados pelo fenómeno. Nas imagem (2) consegue se aperceber das grandes quantidades de matéria transportado pelo fluxo que impediram a circulação rodoviária, cobrindo totalmente o pavimento da via. Na saída de campo foi detetado que a calha de escoamento encontrava-se tapada por resíduos e outros materiais, indicando uma possível causa do aumento da água no escoamento superficial (3).

No dia 20-02-10 a precipitação teve como consequência um enorme fluxo de detritos na Estrada Regional 207, vindo este proveniente da obstrução da Ribeira do Moreno e doutras vias que possuíam ligação à ER207 como a imagem da direita demonstra (4). Uma consequência foi a paragem do tráfego, bem como a destruição de algumas viaturas. Na imagem do 20 de Fevereiro observa-se que água apenas procura o sua direção natural, dirigindo-se em maior quantidade para a presente ribeira que encontra-se canalizada no sector oeste.

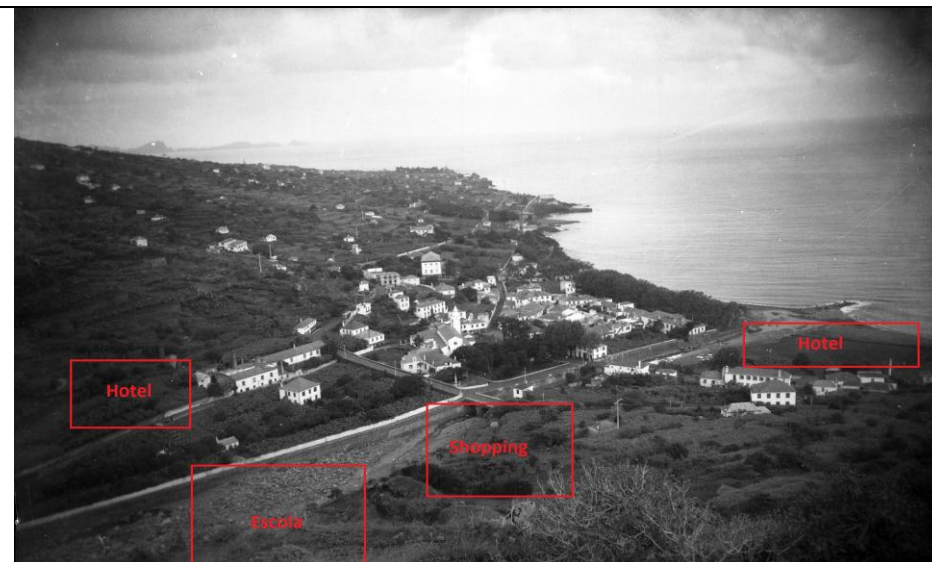




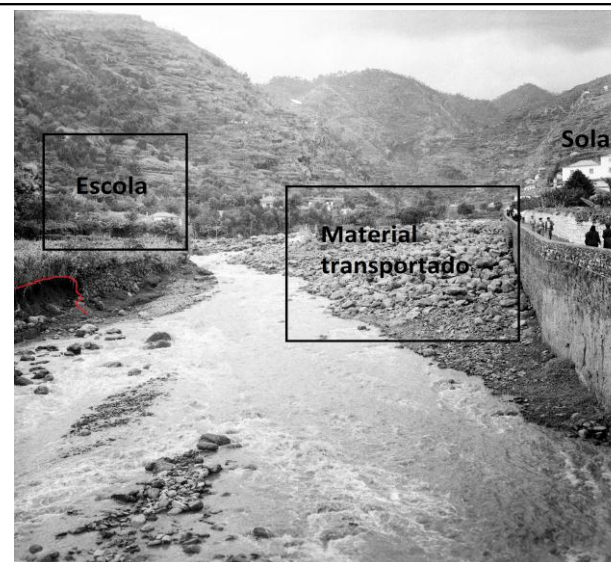
Anexo 25 - Caracterização da Avenida 2 de Agosto de 1996.



Funcionalidade:  
 H. - Habitação  
 C. - Comércio  
 S. - Serviços  
 E.S. - Escola Secundária  
 E.B. - Escola Básica




Funcionalidade:  
 H. - Habitação  
 C. - Comércio  
 S. - Serviços

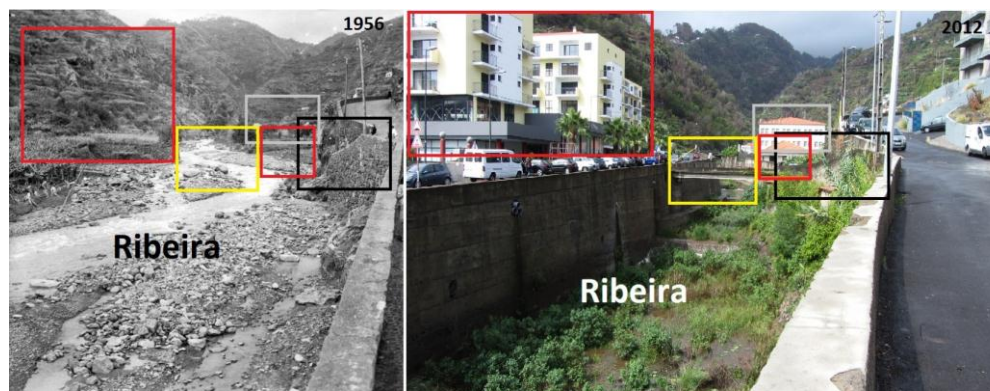






A presente imagem foi retirada no dia posterior ao aluvião de 1956 onde se pode observar os materiais transportados pela ribeira aumentando plataforma continental. A partir deste registo verifica-se quando comparado com a realidade a ausência de alguns elementos urbanos que hoje ocupam o leito da ribeira, passando estas áreas de baixo risco para elevado risco.





Legenda:  Identificação da posição geografica pelo relevo

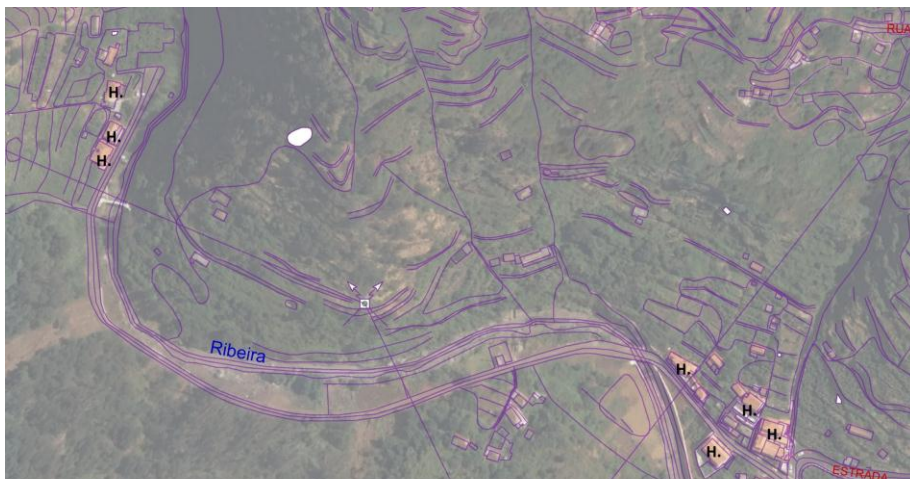


Legenda:  Elemento de identificação da posição geografica  
 Habitação  
 Escola Básica  
 Travessia

A primeira foto apresentada corresponde à continuação da Avenida 2 de Agosto de 1996 na atualidade. Quando compara-se esta com a do aluvião 1956 repara-se que a via encontra-se precisamente no curso do fluxo de detritos. Ao longo do curso de água na saída de campo foi detetado vários movimentos de vertentes do lado oeste da ribeira, estando esta secção (depois da ponte) muralhada apenas num lado estando o outro em estado natural. Estes movimentos de vertentes indicam o transporte de material que pode provocar entulhamento da Ribeira. A comparação de ambas as fotos permite concluir que houve uma alteração do relevo na base da montanha do lado oeste (preto), onde hoje está construído um bloco de apartamentos e a escola secundária. Na imagem podemos concluir a existência do traçado da rua da Ribeira (homens sentados no lado esquerdo da imagem), contudo note-se o pavimento encontrava-se coberto por pedra / paralelo. Os elementos que se mantem na paisagem ao longo dos tempos é o solar e a vereda. Em 1956 observa-se no leito da Ribeira campos agrícolas e vegetação nas vertentes. Na foto posterior a 1956 é demonstrado um leito da ribeira com vegetação, sem a presença do homem. Na foto de 2012 observa-se a escola secundária, a delimitação da ribeira e a Avenida 2 de Agosto de 1996. Assim, conclui-se que houve uma impermeabilização do setor oeste da Ribeira de Santa Cruz. A área após a Escola Secundária de Santa Cruz também sofreu alterações como se verifica.



## Anexo 26 - Análise da Rua da Ribeira.

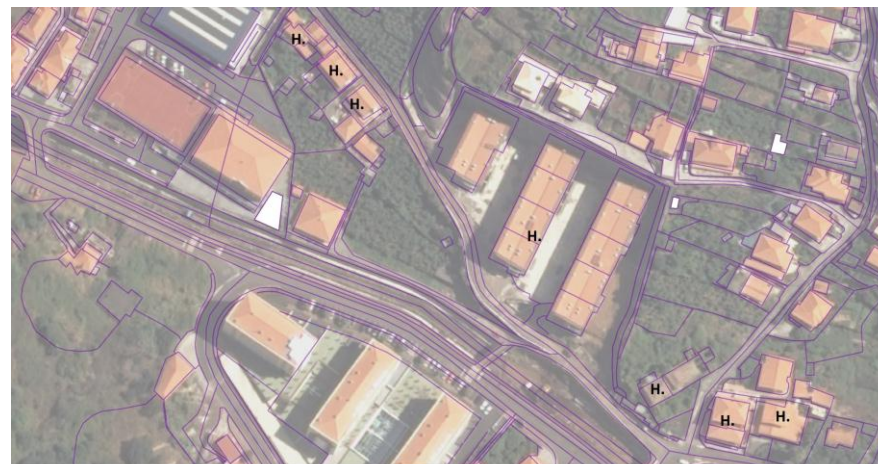


Funcionalidade:

H. - Habitação

C. - Comércio

S. - Serviços



Funcionalidade:

H. - Habitação

C. - Comércio

S. - Serviços



Funcionalidade:

H. - Habitação

P. - Piscinas

C. - Comércio

A. - Armazém

S. - Serviços

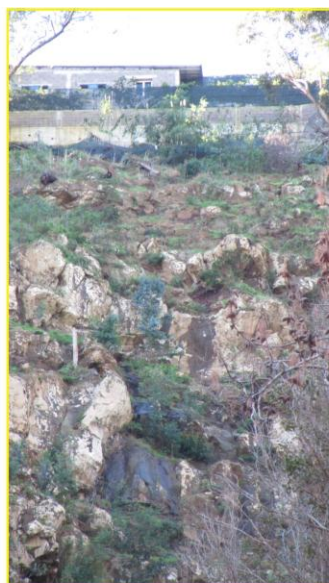


O levantamento elaborado pela Camara Municipal de Santa Cruz registou os prejuízos advindos do evento do 20-02-10 na Rua da Ribeira. As imagens demonstram um transbordo da ribeira de Santa Cruz no troço antes do cruzamento com a Avenida 2 de Agosto, onde terrenos agrícolas e a própria via foi afetada. No percorrer desta rua foi detetado um pequeno curso de água que causou estragos numa escadaria indicando um elevado caudal para a sua capacidade. Deste registo surge a hipótese de que os ribeiros existentes ao longo desta via tenham contribuído para o fluxo que nela se verificou. A destruição do pavimento no troço das piscinas municipais também indica a circulação de água nesta via, como as imagens demonstram.









Legenda:  
— Movimento de vertente  
— Pormenor

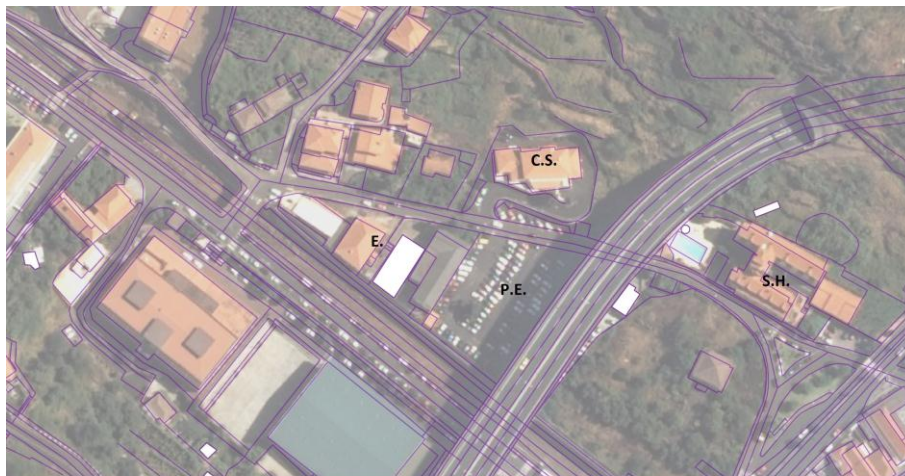
O evento de 20 de Fevereiro de 2010 não se definiu apenas pela quantidade de precipitação observada na data mas sim por uma dinâmica de precipitação de vários dias, como afirma o professor Domingos da Universidade da Madeira. Tal levou a que o solo não suporta-se mais infiltração, formando movimentos de vertente. Na presente imagem observa-se que na paisagem registou-se um movimento de vertente deixando a rocha a nu. Segundo um agricultor este movimento dirigiu-se para a Ribeira de Santa Cruz. Destruindo um campo agrícola no leito da Ribeira.



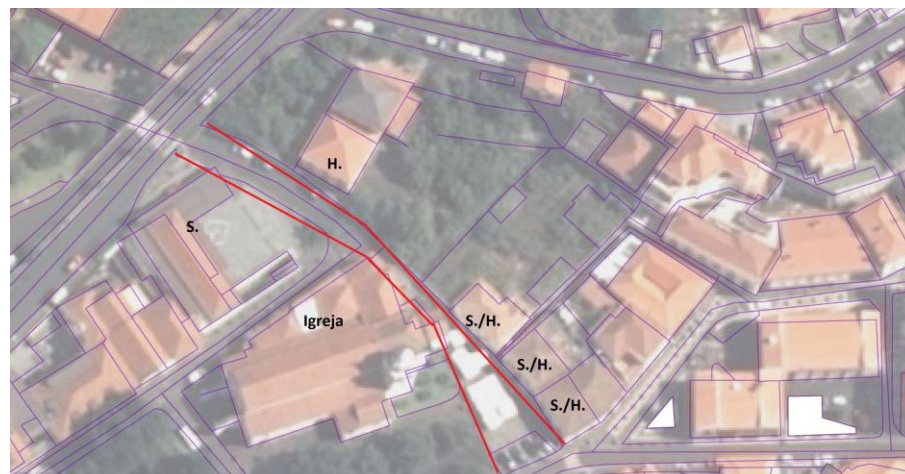
Verificou-se na saída de campo uma obra (travessia) executada devido às consequências do 20 de Fevereiro de 2010, na Rua da Ribeira. Contudo observe-se que segundo a carta de ocupação do solo de 2007, esta área não se encontra qualificada como área urbana.



## Anexo 27 - Caracterização da Rua do Bom Jesus.



Funcionalidade:  
 H. - Habitação  
 C. - Comércio  
 S. - Serviços  
 E. - Escola  
 C.S. - Centro de Saúde  
 P.E. - Parque de estacionamento  
 S.H. - Serviço Hoteleiro



Funcionalidade:  
 H. - Habitação  
 C. - Comércio  
 S. - Serviço

No dia 30-10-12 registou-se uma inundação na Rua Bom Jesus devido à incapacidade da rede pluvial, como as imagens o demonstram.

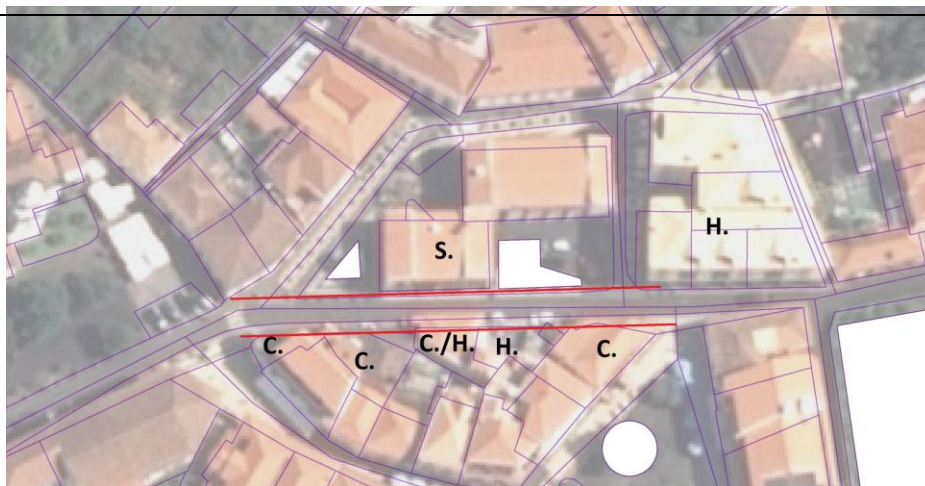
**Anexo 28- Análise da Promenade de Santa Cruz.**



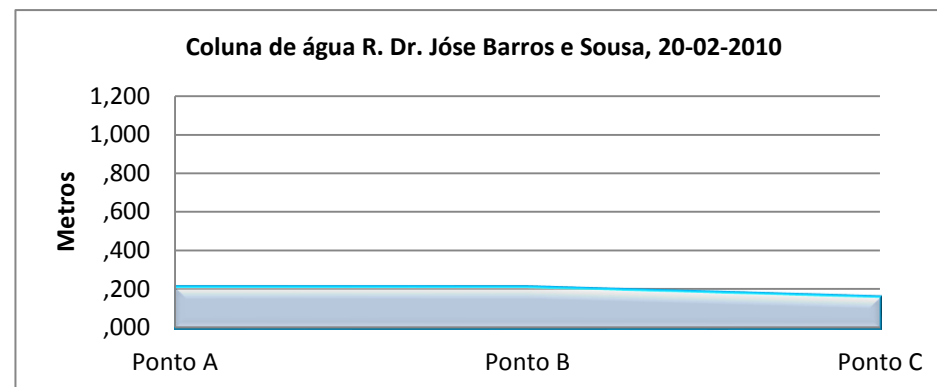
No evento de 20-10-12 a infraestrutura que se encontra no leito da ribeira ruiu devido a impetuosidade do caudal da Ribeira de Santa Cruz (em cima).  
Estado atual (em baixo).



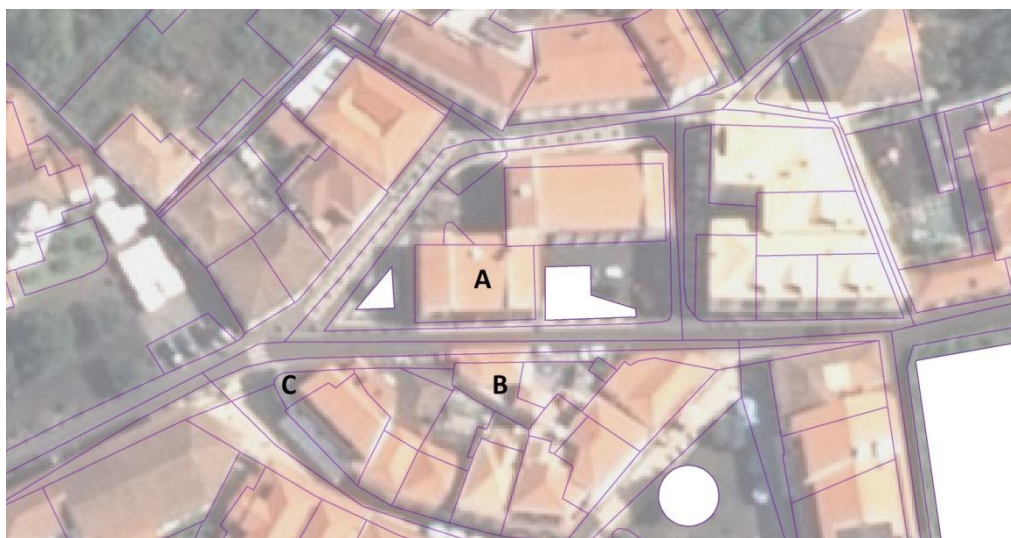
**Anexo 29 - Caracterização da Rua Dr. José Barros e Sousa.**



Funcionalidade:  
H. - Habitação  
C. - Comércio  
S. - Serviço



*Situação de medida: I- A,B,C*



No dia 30-10-12 originou a fluxo superficial que inundou a via . Esta situação possivelmente deveu-se à incapacidade da rede pluvial, bem como, pela falta de limpeza das calhas de escoamento com a imagem da direita o mostra.



**Anexo 30 - Classificação dos elementos expostos.**

<b>Descrição</b>	<b>Classificação:</b>
<b>Património Cultural</b>	ANPC
<b>Património Arqueológico</b>	ANPC
<b>Edifícios de grande altura</b>	ANPC
<b>Edifícios degradados</b>	ANPC
<b>Unidades hoteleiras</b>	ANPC
<b>ETAR</b>	ANPC
<b>Equipamentos de Saúde</b>	ANPC / Edifícios sensíveis
<b>Centros de dia e lares de idosos</b>	ANPC / Edifícios sensíveis
<b>Equipamentos culturais, desportivos e religiosos</b>	ANPC
<b>Equipamentos escolares</b>	ANPC / Edifícios sensíveis
<b>Quarteis de Bombeiros</b>	ANPC / Edifícios sensíveis
<b>Polícia de Segurança Pública (PSP)</b>	ANPC / Edifícios sensíveis
<b>Oleodutos</b>	ANPC
<b>Gasodutos</b>	ANPC
<b>Centrais elétricas</b>	ANPC
<b>Interfaces de transporte</b>	ANPC
<b>Estradas Regionais (Principal)</b>	ANPC
<b>Estrada Regionais (Complementar)</b>	ANPC
<b>Estradas Municipais</b>	ANPC
<b>Arruamentos urbanos (trafego automóvel)</b>	ANPC
<b>Arruamentos urbanos (pedonal)</b>	
<b>Alojamento</b>	
<b>Restauração e similares</b>	INE
<b>Comercio a retalho</b>	INE
<b>Atividades das organizações associativas</b>	INE
<b>Outras atividades de serviços pessoais</b>	INE
<b>Bancos</b>	INE
<b>Serviços camarários</b>	
<b>Correios (CTT)</b>	
<b>Tribunal</b>	
<b>Órgãos públicos (cartório, finanças, luz etc).</b>	

**Anexo 31 - População e edifícios no centro funcional de Santa CRUZ, CENSOS 2011**

População e edifícios no centro funcional de Santa Cruz, censos 2011					Frequência de eventos hídricos
Quarteirão	Nome	Nº de edifícios	Residente	Presente	
<b>Rua da Praia</b> <b>Rua Conselheiro Luís Freitas Branco</b> <b>Rua 17 de Julho de 1876</b> <b>Ribeira de Santa Cruz</b>	<b>Conselheiro Luís</b>	<b>12</b>	<b>35</b>	<b>34</b>	1-2 (sector ocidental) 10-12 (sector oriental)
Rua Conselheiro Luís Freitas Branco Rua 17 de Julho de 1876 Rua das Rosas Rua Cónego Alfredo Oliveira	Camara municipal	9	17	7	10-12
Rua das Rosas Rua Conselheiro Luís Freitas Branco Rua Cónego Alfredo Oliveira Rua da Praia	Rosas	2	6	5	> 12
Rua Cónego Alfredo Oliveira Rua Dr. José Barros e Sousa Rua Ponte Nova	Dr. José Barros	6	8	8	10-12
Rua Cónego Alfredo Oliveira Rua Ponte Nova Rua da Praça Rua da Praia	Praça	5	14	14	10-12
<b>Rua Dr. José Barros e Sousa</b> <b>Rua Ponte Nova</b> <b>Rua da Rochinha</b> <b>Rua do Ribeirinho</b> <b>Rua do Bom Jesus</b> <b>ER207 (Avenida 25 de Junho)</b>	<b>Rochinha</b>	<b>18</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	1-2 e 3-5 (Ponte Nova) 6-9 (Edifício dos correios) 10-12 (Rua Dr. José Barros e Sousa)
<b>Rua do Bom Jesus</b> <b>ER207 (Avenida 25 de Junho)</b> <b>Rua 17 de Julho de 1876</b> <b>Rua de São Fernando</b>	<b>Bom Jesus</b>	<b>3</b>	<b>23</b>	<b>45</b>	1-2 3-5 (Edifício da Misericórdia) 6-9 (Rua Irmã Wilson)
Rua Bela de São José ER207 (Avenida 25 de Junho) Rua da Rochinha	São José	9	18	18	1-2
Rua da Praia Promenade Rua Bela de São José	Praia	3	6	6	1-2 (Rua Bela de São José); 3-5 (Promenade) > 12 (Rua da Praia)
<b>Total do Centro funcional</b>		<b>67</b>	<b>172</b>	<b>182</b>	